

# Antropoceno: resgatar o fio da meada

José Eli da Veiga<sup>1</sup>

**NB: Texto preparado para servir de “ponto de partida” e “roteiro” da Série de Seminários sobre o Antropoceno: IEE/USP, março-abril 2018:**  
<http://www.iee.usp.br/?q=pt-br/evento/série-de-seis-seminários-sobre-o-antropoceno>

**VERSÃO 24fev18**

## Introdução

Antropoceno é o nome proposto desde 2000 para período posterior ao Holoceno. Apesar dessa classificação ser eminentemente “geológica”, o propósito dos que querem que tal mudança seja adotada é que se estabeleça com clareza a preponderância humana em dinâmica bem mais ampla, a do conjunto chamado de sistema Terra (“Earth system”).

Como diz o principal proponente dessa mudança, o Nobel Paul J. Crutzen (s/d):

*“It’s a pity we’re still officially living in an age (sic) called the Holocene. The Anthropocene - human dominance of biological, chemical and geological processes on Earth - is already an undeniable reality.”*

[http://www.azquotes.com/author/27576-Paul\\_J\\_Crutzen](http://www.azquotes.com/author/27576-Paul_J_Crutzen)

Ou, de forma mais precisa:

*“Whichever way this particular process ends, it is clear that human beings are now operating as a major geological agent at the planetary scale, and that their activities have already changed the trajectory of many key Earth processes, some of them irreversibly, and in doing so have imprinted an indelible mark on the planet. This implies that the Holocene no longer serves to adequately constrain the rate and magnitude of Earth System variability.”* (Zalasiewicz et al., 2017:60)

---

<sup>1</sup> **Com agradecimento à colega Sonia Barros de Oliveira (IG/USP)** por generosa primeira leitura-crítica. Infelizmente, nem todos os problemas apontados puderam ser resolvidos nesta versão. Mais um motivo, portanto, para deixar bem claro que ela não tem qualquer responsabilidade por eventuais erros, equívocos ou lapsos. José Eli da Veiga é professor sênior do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP). Sua página web está em [www.zeeli.pro.br](http://www.zeeli.pro.br) e seu e-mail é [zeeli@usp.br](mailto:zeeli@usp.br)

TODAVIA, sentidos bem diversos passaram a ser atribuídos ao termo Antropoceno. Um dos campeões da leviana infidelidade à ideia inicial é certamente o que mais está sendo popularizado pelo best-seller *Homo Deus*, do jovem historiador israelense Yuval Noah Harari. Nesse livro, em vez de período pós-Holoceno, o Antropoceno surge como toda “a era da humanidade”, que, para o autor, totalizariam os setenta milênios desde que “o *Homo sapiens* reescreveu as regras do jogo” (p. 81).

Esse é apenas um dos inúmeros casos, bem menos conhecidos, em que o termo Antropoceno passou a ser usado em sentidos bem diferentes da proposta original. E já são tantas as maneiras de distorcê-la que parece impossível enumerá-las. Um dos melhores esforços de descrever tamanha algaravia está na forma de um ótimo “guia para os perplexos”, publicado no final de 2016 por Jamie Lorimer, da School of Geography and the Environment da Universidade de Oxford. Um guia que adota a tirada irônica de uma variada ‘Antropo - cena’ (“*The Anthro-scene*”), em voga entre geógrafos desde o ano anterior (Castree, 2015). Nesse “guia”, Lorimer identifica e caracteriza cinco formas em que o termo Antropoceno tem sido usado em tão amplo espectro: 1) questão científica, 2) *zeitgeist* intelectual, 3) provocação ideológica, 4) novas ontologias e 5) ficção científica.

Só o primeiro tópico dessa tipologia entra no escopo deste “resgate do fio da meada”: o Antropoceno como questão científica. Resgate que exigiu penosa investigação, mas que, felizmente, foi muito facilitada pela excelente revisão de literatura sobre o conceito de Antropoceno publicada em agosto de 2017 por outro pesquisador da mesma instituição, Yadvinder **MALHI**.

Depois de apresentar a proposta original - gerada no que chama de “relativamente nova Ciência do Sistema Terra” (EES - Earth System Science, p.25.3) - Malhi examina detalhadamente outras cinco “perspectivas”. Primeiro, duas congêneres, das próprias ciências naturais: “da biosfera” e “geológica”. Depois, as que simultaneamente brotaram em ciências humanas: “histórica”, “cultural” e “filosófica”. Além disso, também relata diversas críticas, tanto oriundas das próprias ciências naturais, como de “perspectivas” políticas, filosóficas e culturais.

Nessa utilíssima exposição feita por Malhi, a perspectiva “da biosfera” - também referida por ele como perspectiva “das ciências ecológicas” - enfatiza as alterações da biodiversidade planetária, em vez do que seriam suas consequências “funcionais”, justamente a principal ênfase do que ele chama de “perspectiva das ciências do Sistema Terra” (desta vez no plural).

*“...highlighting fundamental changes in planetary biodiversity, independent of whether they have consequences for planetary function (which Earth sciences perspectives emphasizes).” (Malhi 2017:25.8)*

Uma das tendências das biociências chega mesmo a associar o início do Antropoceno a qualquer discernível influência humana na alteração da biodiversidade. Outra ressalta casos de influência global, mas não contemporâneos, documentados por antigas variações das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera.

São propostas que, no fundo, subvertem o “rumo da conversa” ao tentarem atribuir outros sentidos à ideia original de Crutzen (2000, 2002). E que podem ser extremamente atraentes do lado das ciências humanas, principalmente para pesquisadores que não assumem - ou mesmo rejeitam - a cronologia da história da Terra evidenciada pelas geociências. Ótimos exemplos estão em Malm e Hornborg (2014) e em Bonneuil e Fressoz (2016).

Então, para examinar a ideia original - Antropoceno como Época pós-Holoceno - além de só se interessar pelo primeiro tópico da tipologia proposta no guia de Lorimer - o de “questão científica” - este texto também deixa de lado o que pode ser entendido como abordagens científicas divergentes ou heterodoxas. Isto é, as que Malhi chama de perspectiva “da biosfera” ou “das ciências ecológicas”, parcialmente apoiadas nas ciências humanas.

Em outras palavras, buscar o fio dessa meada significará aqui examinar a noção de Antropoceno em seu próprio “ninho”, algo que está por demais insuficiente nas amplas revisões propostas por Lorimer e Malhi. Certamente porque os esforços exigidos pela ambição de dar conta de tantas “perspectivas” e críticas acabou por tornar insatisfatórias as avaliações que fizeram da ideia original.

A questão científica do Antropoceno emergiu no interior da comunidade daquilo que Malhi denomina a “relativamente nova disciplina Ciência do Sistema Terra” (p.25.3, grifo meu, JEV), mesmo que, desde seu nascimento, ela estivesse umbilicalmente ligada ao que só apresenta depois - e em separado - como “a perspectiva geológica” (25.9 - 25.11).

Enfim, como este trabalho pretende contribuir principalmente para a reflexão coletiva de doutorandos e mestrandos, talvez possa ser entendido como um conjunto de anotações orientadoras (ou uma espécie de “apostila”) sobre aquela corrente que merece precedência em qualquer discussão científica sobre o Antropoceno, que talvez possa ser chamada de “ortodoxa”.

A exposição está organizada em meia dúzia de tópicos. Após circunstanciada retrospectiva conceitual, surgem três destaques: (2) sobre o problema da datação; (3) sobre a relativa estabilidade do Holoceno; e (4) sobre a ideia de “Sistema Terra”. No 5º tópico são apresentadas as principais dúvidas suscitadas pelos quatro anteriores, e no 6º estão esboçadas dez perguntas.

## 1. Retrospectiva conceitual 2000-2017

Dois trabalhos relativamente recentes parecem indispensáveis para que uma retrospectiva possa ser feita sob o prisma da história da ciência: Mooney et al. (2013) e Seitzinger et al. (2015). Apesar de apresentarem visões bem diferentes a respeito desse processo, ambos enfatizam o crucial papel do IGBP (*International Geosphere-Biosphere Program*):

*“The maturing of Earth system science as a discipline has underpinned the development of concepts such as the Anthropocene and planetary boundaries. The International Geosphere-Biosphere Programme’s (IGBP) scientific and institutional history is deeply intertwined with the development of the concept of the Earth as a system as well as the discipline of Earth system science.”* (Seitzinger et al.2015:3; grifo meu JEV)

Foi justamente no encontro do IGBP de Cuernavaca, em fevereiro de 2000, que, o prêmio Nobel de química Paul J. Crutzen, numa espécie de repente, lançou a ideia de Antropoceno. Como lembra o então diretor-executivo do Programa,

Will Steffen em depoimento a Ian Angus (2006:26), isso foi fruto de certa impaciência (ou irritação) com os pesquisadores do projeto paleoambiental que não paravam de se referir ao Holoceno.

*“Scientists from the IGBP’s paleoenvironment project were reporting on their latest research, often referring to the Holocene, the most recent geological epoch of earth history, to set the context of their work. Paul, a vice-chair of the IGBP, was becoming visibly agitated at this usage, and after the term Holocene was mentioned yet again, he interrupted them: ‘Stop using the word Holocene. We’re not in the Holocene any more. We’re in the...the...the... (searching for the right word) ... the Anthropocene”.*

Pouco depois desse súbito improviso, Crutzen soube que o biólogo marinho Eugene Stoermer já vinha usando essa expressão desde os anos 1980, como indica curto texto em co-autoria publicado logo a seguir (maio de 2000) na *newsletter* nº 41 do Programa. Cujo conteúdo, com ínfimas alterações, Crutzen reproduziu sozinho na revista *Nature* de 3 de janeiro de 2002. Em apenas uma página, com o cabeçalho “concepts”, o texto “The Anthropocene”, rebatizado “Geology of mankind”, deve ser considerado o primeiro esboço de uma proposta.

Nesse esboço há duas “hesitações” que chamam a atenção: tanto entre Antropoceno e antropoceno, quanto entre Época e Era. A segunda pode ser significativa, pois também há quem diga que a mudança pode não ser de “época”, mas de “era” ou “eon”. Por exemplo, no prestigiadíssimo livro, lançado em 2012, *How to Build a Habitable Planet; The History of Earth from the Big Bang to Humankind*, o professor de geoquímica de Harvard Charles H. Langmuir e o professor de geologia de Columbia Wally Smith Broecker, dizem o seguinte:

*“The scope and rate of change induced by human civilization is planet altering. This has led Paul Crutzen to suggest that we now live in a new geological epoch, the Anthropocene (...) It appears (however), that we have changed eras and eons, from Cenozoic and Phanerozoic to Anthoropozoic.”* (Langmuir e Broecker, 2012:517-8)

É possível que tal passagem tenha sido tão somente uma “licença poética”. Mas que contribui para a confusão da esmagadora maioria dos que estão pouco familiarizados com a questão.

Também é importante notar que em nenhuma das duas primeiras publicações de Crutzen sobre o Antropoceno (2000 e 2002) há qualquer menção à Terra

como “sistema”. Muito menos a alguma nova disciplina ou ciência que o teria como objeto central. Porém, também é verdade que uma das poucas referências bibliográficas destacadas nessas duas versões do esboço de Crutzen é das mais representativas do que, naquela conjuntura, já se discutia no IGBP a respeito da “ESS”, a Ciência do Sistema Terra: o artigo de cinco páginas “‘Earth system’ analysis and the second Copernican revolution”, que Hans Joachim Schellnhuber publicara, também na *Nature*, em dezembro de 1999.

Trata-se de uma excelente amostra da expectativa que existia naquele momento sobre a possível emergência dessa nova ciência ou disciplina. Duas passagens são suficientes para ilustrar o que cogitava na virada do milênio um dos expoentes do IGBP:

*“This new revolution will be in a way a reversal of the first: it will enable us to look back on our planet to perceive one single, complex, dissipative, dynamic entity, far from thermodynamic equilibrium - ‘the ‘Earth system’.” (p. C20, grifo meu, JEV)*

*“Least speculative and most essential is the creation of a manual of minimum safety standards for operating the Earth system. (...)The results of IGBP and related global research programmes will soon enable us to identify and respect ‘guardrails’ for responsible planetary management.” (p. C23, grifo meu, JEV)*

Tão entusiástica visão não se restringia aos círculos do IGBP, como logo a seguir viria a confirmar o lançamento da “The Amsterdam Declaration on Global Change” em 13 de julho de 2001. Foi também assinada pelo DIVERSITAS, o programa internacional dedicado à biodiversidade, pelo IHDP (International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change), e pelo WCRP (World Climate Research Program). Essa espécie de manifesto enfatiza que as pesquisas realizadas na década anterior sob os auspícios desses quatro programas haviam mostrado cinco coisas, das quais precisam ser aqui destacadas a primeira e a quinta (com negritos e grifos do original):

*“**The Earth System behaves as a single, self-regulating system comprised of physical, chemical, biological and human components. The interactions and feedbacks between the component parts are complex and exhibit multi-scale temporal and spatial variability. The understanding of the natural dynamics of the Earth System has advanced greatly in recent years and provide a sound basis for evaluating the effects and consequences of human-driven change.**”*

*“**In terms of some key environmental parameters, the Earth System has moved well outside the range of natural variability exhibited over the last half million years at least. The nature of changes now occurring simultaneously in the Earth System, their magnitudes and rates of change are unprecedented. The Earth is currently operating in a no-analogue state.”***

Só se pode supor que as quatro entidades signatárias tenham optado com inteira consciência de causa pela omissão das expressões “Ciência do Sistema Terra” (ESS) e “Antropoceno” ao tanto enfatizarem os progressos que já haviam sido conquistados no entendimento da Terra como um único sistema que já estaria operando em estado “não-análogo”. Mas isso não impediu que a Declaração de Amsterdam fosse o estopim de formidável iniciativa orgânica da comunidade científica mundial: a criação da ESSP (Earth System Science Partnership) sob os auspícios do ICSU (International Council for Science), cuja surpreendente curta trajetória será comentada mais adiante, pois antes é imprescindível realçar alguns antecedentes desse grande entusiasmo por uma futura ESS.

A ideia havia germinado por volta de 1986/1988, os anos de dois relatórios da NASA com esse título. E em simpósio que precedeu a publicação do segundo, nasceu o icônico e já célebre “Bretherton Diagram”, sobrenome do matemático que o concebeu: Francis Patton Bretherton (Wisconsin).

Em 1989 a própria NASA preferiu investir na criação de um consórcio internacional que três anos depois publicou uma coletânea de 64 páginas, documento que talvez possa ser visto como a principal referência sobre o tema naquela conjuntura: *Pathways of Understanding; The Interactions of Humanity and Global Environmental Change* (CIESIN, 1992).

Só que foi paralelo o processo de criação do IGBP sob os auspícios do International Council for Science (ICSU), como deixa claro seu livro *Global Change*, publicado em 1985 pela Cambridge University Press (Malone & Roederer, 1985). E esse começo parece ter sido ainda mais diferente do que se imagina, como mostram estas palavras de Mooney et al. (2013: 3666):

*“In the end, the ad hoc planning group for the IGBP, chaired by Bert R. J. Bolin, a climatologist, reported to the next General Assembly of ICSU in 1986, where it was decided to, indeed, launch the new program that was to be called ‘IGBP a study of Global Change’ - with the use of the word ‘a’ denoting that the study was not to be inclusive; indeed, it was explicitly stated that the domain of social sciences would not to be embraced.”*

Incluir ou não o dito “domínio das ciências sociais” em estudo sobre a “Mudança Global” não era o único motivo de tensão entre os cientistas que participavam desses esforços pela construção de uma ESS, pois também havia grande

dificuldade em realmente integrar as ciências da vida às demais ciências naturais, com destaque para física, geologia e meteorologia. Por isso, na sequência foi extremamente importante o papel desempenhado pelo **GAIM: Global Analysis, Integration and Modelling Task Force**, essa notável iniciativa do IGBP que ainda disponibiliza nove de seus brilhantes relatórios, todos elaborados entre 1997 e 2000: <http://gaim.unh.edu/Products/Reports>

A relevância desse efêmero grupo de trabalho reside principalmente no fato de ter divulgado, também em 2001, uma interessantíssima lista de **23 perguntas**, classificadas em quatro tópicos: analíticas (8), operacionais (6), normativas (5) e estratégicas (4). Muitas dessas perguntas talvez só venham a ser parcialmente respondidas e em longuíssimo prazo. Outras certamente precisariam ser radicalmente reformuladas.

Um exemplo bem ilustrativo está na última das seis operacionais: quais são as metodologias mais apropriadas para integrar o conhecimento das ciências naturais e das ciências sociais? Imaginar que essa realmente seja uma questão “operacional” e que tal integração dependeria da obtenção de “metodologias apropriadas” revela uma imensa ingenuidade sobre os desafios epistemológicos embutidos em tal pergunta. Não é aqui um bom lugar para tal discussão, mas lembrá-la serve como indicador da visão que tinham os idealizadores da ESS. (NB: As dez perguntas formuladas ao final deste “resgate do fio da meada” são adaptações das 23 originalmente formuladas pelo GAIM).

Vários outros indícios de tanta carência teórica também surgem no livro ***Global Change and the Earth System***, publicado em 2004 por uma equipe de onze participantes-chave do IGBP, entre os quais Steffen e Schellnhuber, claro. Obra enriquecida por preciosos boxes assinados por 47 cientistas de alto coturno.

Ao procurar organizar o essencial do que se sabia naquela altura sobre a “natureza do sistema Terra”, as 346 páginas desse volume pretenderam “dar alguma direção para o futuro da Earth System Science”, dedicando todo o terceiro capítulo ao que seria uma nova “era”, em vez de “época”.

*“Today, humankind has begun to match and even exceed some of the great forces of nature in changing the biosphere and impacting other facets of Earth System*



*functioning. In terms of fundamental element cycles and some climatic parameters, human-driven changes are pushing the Earth System well outside of its normal operating range. In addition, the structures of the terrestrial and marine biospheres have been significantly altered directly by human activities. There is no evidence that the Earth System has previously experienced these types, scales, and rates of change; the Earth System is now in a non-analogue situation, best referred to as a new era in the geological history of Earth, the Anthropocene.” (Steffen et al., 2004:81; grifo meu JEV)*

Não podem deixar de ser mencionados ao menos dois outros defeitos dessa grande obra do IGBP, publicada em 2004. Essencialmente a superficialidade com que mal alude à assim chamada “teoria geral dos sistemas” e à controversa “hipótese Gaia”.

Breves lembretes sobre a evolução do “pensamento sistêmico” surgem num curto parágrafo na abertura do primeiro capítulo. E que termina com referência à contribuição do filósofo húngaro Ervin László, pensador independente que advoga a tese da “mente quântica”. Estranha escolha diante da incrível diversidade de propostas teóricas, como as que aparecem, por exemplo, em [https://en.wikipedia.org/wiki/Systems\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/Systems_theory)

Logo depois, o livro menciona a ainda mais controversa interpretação difundida por James Ephraim Lovelock (Lovelock 1972; Lovelock e Margulis 1973; Margulis e Lovelock 1974; Lovelock 2009), como se ela fosse correta e definitiva. Já no capítulo seguinte, surge um interessantíssimo box intitulado “Anti-Gaia”, de autoria do próprio Crutzen. No qual, entre várias outras importantes observações, ele critica o emprego da vaga ideia de autorregulação como se pudesse substituir o conceito de homeostase.

*“Self-regulation is a term which is now used instead of homeostasis and which is also often used in the IGBP community, as in this book and in the Amsterdam Declaration, whose first sentence is grossly misleading when it is taken out of the context of the rest of the declaration. Those who misinterpret this statement could incorrectly assume that the Earth System as a whole, including the human component, will self-regulate, whatever this vague term means. Such a misinterpretation on self-regulation trivialises the already severe, and strongly growing, impacts by humans on the environment on all scales”. (Steffen et al., 2004:72, box 2.7)*

Não há dúvida, portanto, que a ideia de Antropoceno como nova Época geológica nasceu, com algumas hesitações, em fase de enorme entusiasmo com as promessas do que seria a nova “Ciência do Sistema Terra” no âmbito do IGBP. E também parece que, ao menos até 2004, era ambíguo o que se dizia sobre essas duas novidades. O que talvez explique um outro fato bem significativo:

não ocorreu qualquer menção ao Antropoceno ou à “ESS” nas 88 páginas da proposta apresentada em 2006 para a criação do atual SRC, o Stockholm Resilience Center (SMI, 2006).

Essa situação parece ter começado a mudar a partir de 2007 com a publicação pela Royal Swedish Academy of Sciences (*Ambio*) de um primeiro artigo em que grande historiador ambiental John R. McNeill juntou-se à dupla Steffen/Crutzen para explicar que Antropoceno é a atual época (“e” minúsculo no original), na qual os humanos e suas sociedades se tornaram uma força geofísica global (Steffen et al., 2007). Embora não faça qualquer referência a alguma suposta nova ciência, esse artigo retoma com muita ênfase a ideia de um Sistema Terra.

*“The term Earth System refers to the suite of interacting physical, chemical and biological global-scale cycles and energy fluxes that provide the life-support system for life at the surface of the planet. This definition of the Earth System goes well beyond the notion that the geophysical processes encompassing the Earth’s two great fluids—the ocean and the atmosphere—generate the planetary life-support system on their own. In our definition, biological/ecological processes are an integral part of the functioning of the Earth System and not merely the recipient of changes in the coupled ocean-atmosphere part of the system. A second critical feature is that forcings and feedbacks within the Earth System are as important as external drivers of change, such as the flux of energy from the sun. Finally, the Earth System includes humans, our societies, and our activities, thus, humans are not an outside force perturbing an otherwise natural system but rather an integral and interacting part of the Earth System itself.” (Steffen et al., 2007: p. 615, box 1, grifos meus, JEV)*

Foi numa linha considerada bem próxima dessa argumentação que sugeriram, em 2009, as duas primeiras publicações sobre o que seriam as “fronteiras planetárias” (*Planetary Boundaries*), abordagem que será designada a partir daqui apenas pelo acrônimo “PB”. E que foi antecipada por Schellnhuber (1999) ao se referir a “*guardrails for responsible planetary management*”.

O artigo que mais lhe deu visibilidade às PB começa com a afirmação de que está “sob ameaça” o período de “estabilidade” em que surgiram e se desenvolveram as civilizações humanas, conhecido como Holoceno. Essencialmente porque o crescente uso de energias fósseis e “formas industrializadas de agricultura” fizeram com que o principal vetor das mudanças ambientais globais passasse a ser aquele que resulta das ações antrópicas. Consequências irreversíveis poderiam ocorrer caso o “sistema

Terra” fosse, por isso, empurrado para fora do estável padrão ambiental do Holoceno.

*“This could see human activities push the Earth system outside the stable environmental state of the Holocene, with consequences that are detrimental or even catastrophic for large parts of the world.” (Rockström et al, 2009:472, grifos meus, JEV)*

Segundo Johan Rockström e os 28 co-autores desse já célebre artigo na *Nature* 461, durante o Holoceno a mudança ambiental ocorreu naturalmente e a capacidade de regulação da Terra (ou do que outras vezes também chamam de “sistema Terra”) manteve as condições que permitiram o desenvolvimento humano. Temperaturas amenas, disponibilidade de água doce e fluxos biogeoquímicos permaneceram dentro de um intervalo relativamente estreito.

Todavia, os impactos das atividades humanas atingiram um nível prejudicial aos sistemas que mantêm a Terra no desejável Holoceno. E o resultado poderia ser irreversível, com mudanças ambientais abruptas, que levariam a um estado menos propício ao desenvolvimento humano.

*“This could see human activities push the Earth system outside the stable environmental state of the Holocene, with consequences that are detrimental or even catastrophic for large parts of the world. During the Holocene, environmental change occurred naturally and Earth’s regulatory capacity maintained the conditions that enabled human development. Regular temperatures, freshwater availability and biogeochemical flows all stayed within a relatively narrow range. Now, largely because of a rapidly growing reliance on fossil fuels and industrialized forms of agriculture, human activities have reached a level that could damage the systems that keep Earth in the desirable Holocene state. The result could be irreversible and, in some cases, abrupt environmental change, leading to a state less conducive to human development.” (Rockström et al. 2009a, p. 472)*

Os 29 autores acrescentaram que em 2009 já havia muitas evidências de que alguns dos “subsistemas” da Terra estavam se movendo para fora de seus “estáveis padrões do Holoceno”. Por exemplo, o rápido recuo do gelo marinho durante o verão no oceano Ártico, o derretimento das geleiras das montanhas em todo o mundo, a perda de massa das placas de gelo da Groenlândia e da Antártida Ocidental e as taxas aceleradas de aumento do nível do mar nos 10-15 anos anteriores a 2009.

*“We are beginning to see evidence that some of Earth’s subsystems are already moving outside their stable Holocene state. This includes the rapid retreat of the summer sea ice in the Arctic ocean, the retreat of mountain glaciers around the world, the loss of mass from the Greenland and West Antarctic ice sheets and the accelerating rates of sea level rise during the past 10-15 years.”* (Rockström et al. 2009a, p. 473)

Assim, as fronteiras representariam uma proposta de definição de pré-condições biofísicas ao desenvolvimento humano. Ou seja, uma primeira tentativa de quantificar os limites fora dos quais o “sistema Terra” - afirmam - não poderia continuar a funcionar em condições estáveis como as do Holoceno.

*“The boundaries we propose represent a new approach to defining biophysical preconditions for human development. For the first time, we are trying to quantify the safe limits outside of which the Earth system cannot continue to function in a stable, Holocene-like state.”* (Rockström et al. 2009a, 474, grifo meu, JEV).

Não havia sido diferente a maneira de relacionar as “PB” ao Holoceno em artigo bem mais longo, publicado uns nove meses antes, pelos mesmos autores, na ***Ecology and Society*** (Rockström et al. 2009b). Diz que a referência científica para um estado planetário desejável deve ser o intervalo dentro do qual os processos do sistema Terra variaram no Holoceno. Os riscos que a humanidade enfrentará se transitar para o Antropoceno são mudanças que devem ser consideradas inaceitáveis.

*“Unacceptable change is here defined in relation to the risks humanity faces in the transition of the planet from the Holocene to the Anthropocene. (...) “... we must take the range within which Earth System processes varied in the Holocene as a scientific reference point for a desirable planetary state”.* (Rockström et al. 2009b, p.4. grifos meus, JEV)

É muito importante ressaltar, portanto, que os pioneiros trabalhos sobre as “PB” sugeriam que ainda não teria ocorrido o advento do Antropoceno, e que, apesar das ameaças, ainda seria possível manter a Terra no Holoceno.

Foi só em 2011 que tal visão foi claramente contrariada em poderoso artigo que assumiu a abordagem das “PB”, mas desta vez assinado por quarteto em que o filósofo da ciência Jacques Grinevald se juntou ao anterior trio Steffen/Crutzen/McNeill.

Publicado em seminal dossiê temático organizado pelo periódico ***Philosophical Transactions of The Royal Society***, que só pode ser considerado um grande

marco na evolução dessas ideias. Esse artigo, intitulado “The Anthropocene: a new epoch of geological time” esclarece a questão:

*“In this paper, we put forward the case for formally recognizing the Anthropocene as a new epoch in Earth history (...) (Steffen et al. 2011:842)*

Nada poderia causar mais surpresa, portanto, do que notar um retorno à ideia de que ainda se estaria no Holoceno na ampla atualização da abordagem PB publicada em 2015 na *Science* por outro conjunto de autores, desta vez liderados por Will Steffen, e entre os quais Rockström aparece em terceiro (Steffen et al. 2015). A única diferença é que esse artigo registra o fato de o início do Antropoceno já ter sido proposto, mas para logo em seguida afirmar que, segundo o “princípio da precaução”, seria insensato distanciar-se substancialmente de condição similar à do Holoceno.

*“The human enterprise has grown so dramatically since the mid-20th century that the relatively stable, 11,700-year-long Holocene epoch, the only state of the planet that we know for certain can support contemporary human societies, is now being destabilized. In fact, a new geological epoch, the Anthropocene, has been proposed. The precautionary principle suggests that human societies would be unwise to drive the Earth system substantially away from a Holocene-like condition. A continuing trajectory away from the Holocene could lead, with an uncomfortably high probability, to a very different state of the Earth system, one that is likely to be much less hospitable to the development of human societies.” (Steffen et al. 2015:1259855.1, grifos meus, JEV)*

- Parece bem razoável se perguntar, portanto, se tantas vacilações sobre o advento do Antropoceno como nova Época teriam alguma relação com o fim da parceria internacional que pretendeu promover a nova ciência do sistema Terra. Pois a ESSP foi drasticamente encerrada em 2012 e seu patrimônio transferido para uma nova iniciativa do ICSU - *Future Earth* - que manteve a ideia de promover pesquisas que ajudem a entender o “sistema Terra”, mas sem mais fazer qualquer tipo de alusão à existência de alguma ciência com esse nome. Mudança bem evidente em sua agenda estratégica de pesquisa publicada em 2014:

<http://futureearth.org/media/strategic-research-agenda-2014>

É claro que esse fato não teria qualquer interesse se os melhores periódicos científicos estivessem publicando significativos resultados de pesquisas em ESS.

No entanto, também nesse âmbito se nota o mesmo movimento de preservação da ideia de “sistema Terra”, mas sem alusão a uma “ciência”.

É verdade que existe o *Journal of Earth System Science*, publicado pela Academia de Ciências da Índia. Mas se trata de um rebatizado, em 2005, dos anais que essa academia publicava desde 1934. E, se os índices de suas últimas edições forem examinados, percebe-se facilmente que não houve qualquer mudança que pudesse ser entendida como superação das ciências mais tradicionais por alguma radicalmente nova.

Ao mesmo tempo, as mais relevantes pesquisas sobre o sistema Terra parecem estar sendo publicadas principalmente em periódicos cujos títulos evitam a expressão “ESS”: o *Earth System Dynamics* e o *Earth's Future*. Algumas serão examinadas mais adiante, no tópico 4, consagrado à ideia de “sistema Terra”.

## 2. O problema da datação

O início do Antropoceno foi primeiro associado à Revolução Industrial:

*To assign a more specific date to the onset of the ‘anthropocene’ seems somewhat arbitrary, but we propose the latter part of the 18th century, although we are aware that alternative proposals can be made (some may even want to include the entire holocene). However, we choose this date because, during the past two centuries, the global effects of human activities have become clearly noticeable. This is the period when data retrieved from glacial ice cores show the beginning of a growth in the atmospheric concentrations of several ‘greenhouse gases’, in particular CO2 and CH4. Such a starting date also coincides with James Watt’s invention of the steam engine in 1784. About at that time, biotic assemblages in most lakes began to show large changes.* (Crutzen & Stoermer, 2000:17-1, grifos meus JEV)

*“The Anthropocene could be said to have started in the latter part of the eighteenth century, when analyses of air trapped in polar ice showed the beginning of growing global concentrations of carbon dioxide and methane. This date also happens to coincide with James Watt’s design of the steam engine in 1784.”* (Crutzen, 2002:23)

Mais tarde, todo esse período 1800-1945 - chamado de “Era Industrial” - passou a ser considerado apenas como um primeiro estágio do Antropoceno e bem maior importância passou a ser atribuída a um segundo estágio, marcado pela “Grande Aceleração”, que teve início em 1945. Essa foi a grande mudança introduzida pelo já citado artigo de 2007 na *Ambio*, que resultou de colaboração da dupla Crutzen/Steffen com o historiador ambiental J.R.

McNeill (Steffen et al. 2007).

Sob o prisma das ciências sociais, o problema da data de início de uma nova época a ser chamada de Antropoceno estaria assim resolvido. E talvez não haja exposição mais representativa dessa tese do que a oferecida no livro *The Great Acceleration*, que J.R. McNeill publicou sete anos depois com seu colega Peter Engelke (McNeill e Engelke, 2014):

*“Nearly every page of this book contributes to the proposition that the post-1945 period deserves to be marked off as different from what came before in environmental history. The first reason for that conclusion is that only after 1945 did human actions become genuine driving forces behind crucial Earth systems. (...) The second reason is that after 1945 the human impact on the biosphere and global ecology ramped up (...).”* (p. 208; grifos meus, JEV)

*“Now that climate is less stable and the Earth system is charting a new course never experienced before, thought and institutions will evolve in new directions more compatible with the Anthropocene. Since we cannot exit the Anthropocene, we will adjust to it, one way or another.”* (p.211)

Mas a questão é eminentemente geológica, mesmo que isso não seja aceito de forma unânime pelas outras ciências naturais, como mostra principalmente a seção de Malhi (2017): “The Historical Perspective: The case for an Early Anthropocene” (p. 25.12 - 25.16). E no âmbito das geociências, a questão só passou a ser realmente enfrentada em 2008, quando a Comissão Estratigráfica da Sociedade Geológica de Londres decidiu, por larga maioria, que havia mérito em se considerar a possibilidade de formalização do Antropoceno. A argumentação está em texto publicado no mesmo ano na *GSA Today* por duas dezenas de pesquisadores britânicos, liderados pela dupla Jan Zalasiewicz e Mark Williams, ambos do Dep. de Geologia da Universidade de Leicester.

*“Sufficient evidence has emerged of stratigraphically significant change (both elapsed and imminent) for recognition of the Anthropocene - currently a vivid yet informal metaphor of global environmental change - as a new geological epoch to be considered for formalization by international discussion. The base of the Anthropocene may be defined by a GSSP in sediments or ice cores or simply by a numerical date.”* (Zalasiewicz et al. 2008:7)

*“The boundary may be defined either via Global Stratigraphic Section and Point (“golden spike”) locations or by adopting a numerical date. Formal adoption of this term in the near future will largely depend on its utility, particularly to earth scientists working on late Holocene successions. This datum, from the perspective of the far future, will most probably approximate a distinctive stratigraphic boundary.”* (Zalasiewicz et al. 2008:4)

Não demorou para que fosse criado o “Working Group on the Anthropocene” (WGA), às vezes também informalmente chamado de “Anthropocene Working Group” (AWG).

*“The first of many formal steps are now being taken. An Anthropocene Working Group has been initiated, as part of the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (the body that deals with formal units of the current Ice Ages). That is itself part of the International Commission on Stratigraphy, in turn answerable to the International Union of Geological Sciences. All of these bodies will have to be convinced that the case to formally include the Anthropocene in the Geological Time Scale is overwhelming, and, if so, to agree on a formulation of it that will be widely acceptable. The work involved will take several years to accomplish, and the outcome is not certain. The Geological Time Scale is held dear by geologists (because it is fundamental to their work), and it is not amended lightly.” (Zalasiewicz et al. 2010:2228, destaque no original)*

Muitas informações sobre o WGA estão disponíveis em seu website: <https://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/anthropocene/> Mas o que parece mais significativo são dois trabalhos recentemente enviados para publicação por dois subgrupos do WGA, liderados respectivamente por seu presidente e por seu secretário: Zalasiewicz et al (2017) e Waters et al. (2017). As significativas conclusões do primeiro merecem ser aqui transcritas na íntegra:

*“The AWG has analyzed the concept of the Anthropocene in stratigraphic terms, and has collated and considered a sufficiently wide range of evidence to permit preliminary conclusions and recommendations to be drawn. The AWG concludes that the Anthropocene represents a distinct change of geological processes that are clearly reflected in stratal characteristics. Anthropocene deposits are significant and geologically ‘real’, and in a number of respects novel, on the scale of Earth history. These changes mark the proposed Anthropocene as being sufficiently different from the Holocene to constitute a new unit of geological time. The future trajectory of the Anthropocene remains to be seen and will depend on future changes to the Earth System. However, it seems likely that, as humans continue to operate collectively as a major geological agent, with modulation, and in some cases amplification, by feedback effects - such as that of albedo changes in polar regions - human impacts will become increasingly significant.*

*By clear majority, a decision has been taken to pursue a proposal to formalize the term Anthropocene, with the suggestion that this be at series/epoch level, by means of a GSSP with a base/beginning placed in the mid-20th century. This timing represents the first appearance of a clear synchronous signal of the transformative influence of humans on key physical, chemical, and biological processes at the planetary scale. As such, it stands in contrast to various local or diachronous inscriptions of human influences on the Holocene stratigraphic record.*

*The AWG has already begun the process of identifying potential GSSPs, by analysing the general environments in which the best combinations of stratigraphic signals are likely to be found (e.g. undisturbed lake or marine sediments, peat, annually banded*



coral skeletons, polar snow/ice layers, speleothems, tree rings and so on: Waters et al., in submission).

*This analysis will lead to the selection of sites for sampling and further analysis, to provide full descriptions of relevant signals in the strata, a process that we hope will lead to the identification of one or more suitable candidate sites for a GSSP and auxiliary stratotypes. Whatever signal is chosen, the primary marker will need to be well expressed in the stratotype section so as to identify the best level for the GSSP. The GSSP itself, if approved, would define the base of the Anthropocene Series/Epoch. Secondary markers will also need to be identified within the candidate sections to assist in recognizing the primary event elsewhere, and widen the range of paleoenvironments available for correlation to the GSSP and auxiliary stratotypes. We hope to carry out this process over the next 2 or 3 years.*

*The findings will form the basis for the preparation of a formal proposal, to our immediate parent body, the SQS, on defining a formal Anthropocene unit. If the SQS endorses the proposal, it will be submitted to the SQS's parent body, the ICS, for further voting. A favourable vote by the ICS voting membership would then have to be ratified by the Executive Committee of the IUGS. If all of these conditions can be fulfilled, then the Anthropocene would become a formal part of the GTS.*

*There is no guarantee that such a proposal will be accepted, even if the AWG recommends such a course. The GTS needs to remain as stable as reasonably possible, so that geologists can communicate not just across the world but also between generations. The decision-making process associated with any potential changes to it is therefore both rigorous and conservative, with supermajority vote needed for acceptance at voting stages. Whichever way this particular process ends, it is clear that human beings are now operating as a major geological agent at the planetary scale, and that their activities have already changed the trajectory of many key Earth processes, some of them irreversibly, and in doing so have imprinted an indelible mark on the planet. This implies that the Holocene no longer serves to adequately constrain the rate and magnitude of Earth System variability." (Zalasiewicz et al., 2017:60, grifos meus, JE))*

Como se vê, forma-se um forte consenso sobre a ideia de que a virada do Holoceno para o Antropoceno teria ocorrido em meados do século XX, com a chamada "Grande Aceleração". Mas isso não quer dizer que o atual debate entre os geólogos já venha a resultar em algum tipo de formalização em seu próximo congresso mundial, previsto para 2020. Até porque não são poucos os que consideram tal questão irrelevante, mesmo que expoentes da comunidade formada pelos que pesquisam o "sistema Terra" - como Crutzen e Steffen - atribuam máxima importância a que uma datação mais precisa venha a ser adotada no âmbito das geociências. E ainda há os que vêm a proposta de Antropoceno como eminentemente "política": Finney e Edwards (2016) e De Wever e Finney (2016).

### 3. A relativa estabilidade do Holoceno

Com uma margem de erro de 99 anos, pode-se afirmar que o Holoceno teve início 11.700 anos antes da virada para o século 21.

*“A timescale based on multi-parameter annual layer counting provides an age of 11700 calendar yr b2 k (before AD 2000) for the base of the Holocene, with a maximum counting error of 99 yr”. (Walker et al. 2009. p. 3).*

Já se pode também afirmar que essa Época está para ser oficialmente subdividida em três etapas: “Early” (-11700 a -8200); “Middle” (-8200 a -4200); e “Late” (de -4200 para cá). E até é possível que tais denominações venham a ser respectivamente substituídas por: “Greenlandian”, “Northgrippian” e “Meghalayan”. Mas tal proposta está em texto ainda não publicado (Walker et al., 2016) citado por Zalasiewicz et al.(2017). O site oficial do “Working Group on the Subdivision of the Holocene Series” (também conhecido por “Holocene Boundary Working Group”) remete apenas a Walker et al.(2012):

<https://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/holocene/>

Cabe perguntar se essa formalização de três subdivisões ajudará na discussão sobre a tão decantada estabilidade climática do Holoceno:

*“Has climatic stability been the norm during the Holocene over periods of decades to centuries? The answer must be ‘no’” (Roberts, 2014, p. 317).*

*“Early Holocene (10,000 to 5000 years ago) warmth is followed by ~0.7°C cooling through the middle to late Holocene (<5000 years ago), culminating in the coolest temperatures of the Holocene during the Little Ice Age, about 200 years ago.” (Marcott et al., 2013)*

Na verdade, ao longo do Holoceno podem ter ocorrido ao menos seis períodos de mudanças climáticas suficientemente bruscas para que sejam chamadas pelos especialistas de RCC (*Rapid Climate Changes*). Pelo calendário que tem como marco o ano 2000 d.C., elas ocorreram, grosso modo, de -9000 a -8000, de -6000 a -5000, de -4200 a -3800, de -3500 a -2500, de -1200 a -1000, e de -600 a -150. Em maioria foram eventos que se caracterizaram por resfriamento polar, aridez tropical e grandes mudanças de circulação atmosférica, embora no intervalo mais recente (de -600 a -150), o resfriamento polar tenha sido acompanhado de um aumento da umidade em algumas partes dos trópicos. E

vários desses intervalos coincidiram com grandes distúrbios do processo civilizador.

*“Although the dramatic climate disruptions of the last glacial period have received considerable attention, relatively little has been directed toward climate variability in the Holocene (11,500 cal yr B.P. to the present). Examination of ~50 globally distributed paleoclimate records reveals as many as six periods of significant rapid climate change during the time periods 9000-8000, 6000-5000, 4200-3800, 3500-2500, 1200-1000, and 600-150 cal yr B.P. Most of the climate change events in these globally distributed records are characterized by polar cooling, tropical aridity, and major atmospheric circulation changes, although in the most recent interval (600-150 cal yr B.P.), polar cooling was accompanied by increased moisture in some parts of the tropics. Several intervals coincide with major disruptions of civilization, illustrating the human significance of Holocene climate variability” (Mayewski et al. 2004:243).*

Algumas dessas RCC do Holoceno chegaram a ser bem abruptas e parecem ter tido sérios efeitos sobre os sistemas socioambientais. O período entre -1200 e -1000 coincidiu com o colapso da civilização Maia, com perda de vários milhões de vidas humanas. A derrocada das colônias nórdicas da Groenlândia, há uns seiscentos anos, ocorreu em contexto de resfriamento polar. E foi entre -4200 e -3800, durante a maior seca de baixa latitude, que houve o ocaso do Império Acadiano.

*“As revealed by our synthesis, Holocene climate change can be quite abrupt, even in the absence of the large, unstable ice sheets that so dramatically disrupted Pleistocene climate. Further, Holocene RCCs have been large enough to have significant effects on ecosystems and humans. The short-lived 1200-1000 cal yr B.P. RCC event coincided with the drought-related collapse of Maya civilization and was accompanied by a loss of several million lives, while the collapse of Greenland’s Norse colonies at ~600 cal yr B.P. coincides with a period of polar cooling that is minor by glacial standards. Even the less extensive event from 4200 to 3800 cal yr B.P. coincided with major low-latitude drought and the collapse of the Akkadian Empire”. (Mayewski et al. 2004:252)*

Nada disso chega a ser comparável, contudo, aos três quartos de século da “crise global do século XVII” (1640 e 1715), durante a chamada “Pequena Idade do Gelo”, ou “Pequena Era Glacial”. Crise que, segundo estimativa do grande historiador Geoffrey Parker, causou o desaparecimento de um terço da população mundial.

Nesse curto período de 75 anos houve mais casos simultâneos de rupturas político-estatais do que em qualquer outro, anterior ou posterior. Na década de 1640, a China Ming, já então o Estado mais populoso do mundo, entrou literalmente em colapso. Desintegrou-se também a comunidade polaco-lituana,

o maior estado da Europa. Grande parte da monarquia espanhola, o primeiro império global da história, se separou. A monarquia Stuart enfrentou rebeliões na Escócia, Irlanda, Inglaterra e mesmo em suas colônias americanas. Além disso, apenas no ano de 1648, uma maré de rebeliões urbanas começou na Rússia, e a célebre Fronde paralisou a França (o então território mais populoso da Europa). Enquanto isso, em Istambul (a maior cidade da Europa), a massa estrangulava o sultão Ibrahim. Em Londres, fato inédito, o rei Carlos I era julgado por crimes de guerra. Na década de 1650, a Suécia e a Dinamarca aproximaram-se da revolução; a Escócia e Irlanda desapareceram como estados autônomos; e a República Holandesa mudou radicalmente sua forma de governo. O Império Mongol, então o mais rico do mundo, experimentou dois anos de guerra civil após deposição e prisão de seu governante. E a frequência de revoltas populares no resto do mundo teve um pico justamente em meados do século XVII.

*“The mid-seventeenth century saw more cases of simultaneous state breakdown around the globe than any previous or subsequent age: something historians have called “The General Crisis.” In the 1640s, Ming China, the most populous state in the world, collapsed; the Polish-Lithuanian Commonwealth, the largest state in Europe, disintegrated; much of the Spanish monarchy, the first global empire in history, seceded; and the entire Stuart monarchy rebelled—Scotland, Ireland, England, and its American colonies. In addition, just in the year 1648, a tide of urban rebellions began in Russia (the largest state in the world), and the Fronde Revolt paralyzed France (the most populous state in Europe); meanwhile, in Istanbul (Europe’s largest city), irate subjects strangled Sultan Ibrahim, and in London, King Charles I went on trial for war crimes (the first head of state to do so). In the 1650s, Sweden and Denmark came close to revolution; Scotland and Ireland disappeared as autonomous states; the Dutch Republic radically changed its form of government; and the Mughal Empire, then the richest state in the world, experienced two years of civil war following the arrest, deposition, and imprisonment of its ruler. The frequency of popular revolts around the world also peaked during the mid- seventeenth century” (Parker, 2008, p. 1053).*

É bem discutível, claro, qual pode ter sido o peso relativo do fator climático entre as causas desses múltiplos fatos da história sociopolítica. Pode-se até concordar com a tese do eminente historiador francês Emmanuel Le Roy Ladurie, que atribui à meteorologia tão somente o papel de última gota d’água.

*“A Revolução Francesa começou no verão de 1789. Os historiadores mais escrupulosos e avessos a qualquer determinismo, consideram que o clima teve um papel não negligenciável em seu desencadeamento. Mas “não negligenciável” é uma expressão extremamente vaga. É que a história não é uma ciência na qual a experimentação permita fazer variar os parâmetros. Por isso não é simplesmente possível ser mais preciso. (Acot 2009, p. 208; tradução livre, JEV)*

Ou, girar 180° para admitir o avesso, com base nas fortíssimas correlações entre as mudanças climáticas e as guerras.

*“We show that long-term fluctuations of war frequency and population changes followed the cycles of temperature change. Further analyses show that cooling impeded agricultural production, which brought about a series of serious social problems, including price inflation, then successively war outbreak, famine, and population decline successively. The findings suggest that worldwide and synchronistic war-peace, population, and price cycles in recent centuries have been driven mainly by long-term climate change. The findings also imply that social mechanisms that might mitigate the impact of climate change were not significantly effective during the study period. Climate change may thus have played a more important role and imposed a wider ranging effect on human civilization than has so far been suggested.”* (Zhang et al. 2007, p. 214)

No fundo, tanto faz, pois aqui se trata tão somente de ilustrar melhor o que foi a tão repetida “estabilidade” do Holoceno.

De resto, há muita especulação sobre a possível/provável durabilidade do Holoceno caso ele não tivesse sido gravemente impactado pelo poderio que os humanos adquiriam no século passado. A abordagem das PB, por exemplo, faz a seguinte afirmação peremptória, com base em Berger e Loutre (2002):

*“Without pressure from humans, the Holocene is expected to continue for at least several thousands of years.”* (Rockström et al. 2009a, p. 472, e 2009b, p.2)

No entanto, outras modelagens indicam que em vez de muitos milhares de anos, o Holoceno poderia terminar naturalmente em algum momento dos próximos 1500 anos:

*“Assuming that ice growth mainly responds to insolation and CO2 forcing, thos analogy suggests that the end of the current interglacial would occur within the next 1500 years, if atmospheric CO2 concentrations did not exceed  $240 \pm 5$  ppmv.”* (Tzedakis et al. 2012:138)

Enfim, o Holoceno foi bem menos estável do que muitos afirmam (com destaque para os trabalhos sobre as “PB”) e teve ao menos três etapas que agora estão para ser convencionadas.

#### 4. A ideia de “Sistema Terra”

O chamado “pensamento sistêmico” já tem quase setenta anos se a referência for o trabalho, por muitos considerado seminal, que Ludwig von Bertalanffy publicou na *Science* em 1950. Por isso, é fundamental que se conheça o atual debate entre os membros da ISSS, “International Society for the Systems Sciences”, fundada em 1956 pelo próprio Bertalanffy, com Kenneth Boulding, Ralph Gerard e Anatol Rapoport como “Society for General Systems Research” (SGSR).

Em 2007 surgiu, em seminário online da ISSS, forte contestação que negava própria existência de algo que pudesse ser chamado de “Teoria Geral dos Sistemas”, e na qual a expressão “System Science(s)” foi tachada de “*a dubious trademark*”: [http://www.newciv.org/ISSS\\_Primer/ase01cf.html](http://www.newciv.org/ISSS_Primer/ase01cf.html)

A resposta a tão séria dúvida existencial só foi dada em 2015, na 59ª conferência da sociedade, por bem coeso quarteto de filósofos britânicos, sob a liderança de David Rousseau, fundador e diretor executivo do Centre for Systems Philosophy, e atual presidente da ISSS (<http://systemsphilosophy.org/>). Veio na forma de um manifesto em favor de uma “General Systems Transdisciplinarity”, que começa com balanço bem negativo dos setenta anos de esforços anteriores:

*“Since the 1950s, systems researchers have developed dozens of specialized theories centred on specific systemic behaviours and structures. However, a powerful and integrating systems transdiscipline remains elusive. Furthermore, with specialization has come a divergence of worldviews and discourse domains resulting in a fragmentation that undermines our ability to muster integrated responses to our present challenges. This fragmentation cannot be overcome while we do not have a unifying theory for the systems field.”* (Rousseau et al. 2016:8)

Em 2017, contribuição individual do protagonista desse manifesto apostou numa espécie de renascimento da abordagem sistêmica, apontando seis “avenidas” abertas à descoberta de princípios sistêmicos:

*“Systems Research formally originated in the 1950s, but a scientific understanding of systemness is still nascent. This shortcoming produces significant risks for complex systems engineering and practice. Current “systems principles” are qualitative heuristics, and systems science is scientific more in attitude than because of any grounding in systems principles employing clear and quantifiable concepts. In this paper, I propose that a model of how principles and laws are understood across the*

*specialized sciences can, when applied to systems science, open up new ways to discover systems principles. This approach has led to the identification of six new avenues for discovering systems principles.” (Rousseau, 2017:1)*

À luz dessas considerações, é inevitável que também se procure fazer um balanço dos esforços transdisciplinares dos últimos trinta anos no sentido de se analisar a dinâmica da Terra como sistema. O que se afigura bem difícil se a dúvida/pergunta for sobre o efetivo avanço do conhecimento científico em relação à bem mais modesta ambição esboçada pelo já trintão “Diagrama de Bretherton”. Ou seja, exatamente a pergunta que dá título a um artigo absolutamente decepcionante de James F. Kasting: “*How far have we come in Earth system Science?*” Após diversas platitudes ele conclui com as seguintes palavras:

*“With so many people living on our planet now, and with such powerful technological tools being available, we need to understand the Earth as a system if we hope not to destroy it.” (Kasting, 2013:44)*

Artigo que talvez forneça bem melhor termômetro sobre os avanços alcançados até aqui pela comunidade de pesquisadores que buscam analisar, modelar e teorizar o “sistema Terra” em seu conjunto parece ser “*Closing the loop: Reconnecting human dynamics to Earth System science*” (Donges et al., 2017). Por isso, um razoável começo de resposta à pergunta que Kasting não respondeu pode estar nas seguintes passagens desse recente artigo de Donges.

*“It is time to close the loop and bring socially mediated dynamics explicitly into theory, analysis and models that let us study the whole Earth System.” (p.151)*

*“Such analysis offers significant potential to augment existing models and methodologies and so help humanity chart a course towards a desirable Holocene-like Anthropocene.” (p.156)*

*“From the start, Earth System science has recognized that humans are an important component of the contemporary system. Integrating natural and social science perspectives on the Earth System has been a key aim of a suite of research initiatives over the past decades. Despite these efforts, key characteristics of the Anthropocene - human agency, global social and economic networks and important feedback interactions between human systems and planetary processes - have not been dynamically represented or otherwise resolved in existing Earth System and integrated assessment models.” (p. 152, “dinamicamente” destacado no original)*

*“Capturing these dynamics in a new generation of Earth System models should allow us to address a number of critical questions about socio-ecological turbulence in the Anthropocene, such as: Could transnational social movements such as the push for divestment from fossil fuels tip the socio-economics of carbon emissions? How is climate change science processed in world cultures and traditions other than those of the secular West? How are climate tipping events such as in the West Antarctic Ice Sheet interlinked with social and political transitions?” (p.152)*

*“The biggest challenge in answering such questions is to understand human activities and social structures as the least predictable, but at present also the most influential component of our planet in the Anthropocene. This would, finally, contribute to closing the loop in theory, analysis and models of Earth System analysis.” (p.152)*

*“To meet this challenge, Earth System analysis requires significant progress in three key areas forming the systemic substratum that many pressing, real-world sustainability questions have in common.” (p.152)*

Essas três áreas em seguida são delineadas em repostas a três perguntas:

*“How best to represent human agency? (p.152) What are the system-level effects of social networks (p. 152-3) What tipping points and complex dynamics arise from social-environmental loops?” (p. 153-4)*

Na conclusão os autores dizem que tais progressos estão ocorrendo:

*“We see examples of such approaches emerging. For example, theory and models of biogeophysical dynamics in the Earth System are well established, and recently developed adaptive network approaches offer a flexible framework for modelling social-environmental regime shifts and transformations in an emergent and dynamic way without static prescription of scenarios, including phenomena such as social learning, segregation, norm and value change, and group dynamics such as coalition formation. Our vision for Earth System analysis calls for a synthesis of these so far disconnected phenomena within a complex systems framework.” (p.156)*

Todavia, ao menos duas outras contribuições - até mais recentes - sobre essa questão não confirmam avaliação tão esperançosa (Gerten et al., 2018 e Thornton et al, 2017):

*“While humanity is altering planet Earth at unprecedented magnitude and speed, representation of the cultural driving factors and their dynamics in models of the Earth system is limited. (...) Indeed, the predominant way that humans are represented in current models of the Earth system - including Integrated Assessment Models and stand-alone global climate, ecological or hydrological models - is by way of their biogeophysical manifestation (emissions, resource use, etc.), simple metrics of societal impacts of environmental change (such as the number of people affected by water scarcity, crop yield losses, flood damages, or sea level rise), and/or equilibrium representations of the world economic system. (...) most global models, thus, do not adequately capture the pronounced and diverse dynamics of the human component of the Earth system, hampering simulation of the coevolution of human societies and their environment with its characteristic nonlinearities (tipping points, regime shifts, emergent properties) and global teleconnections (material and information networks, cross-scale cascades, etc.). Despite substantial progress especially regarding reduced-complexity social-ecological models and agent-based and cellular social-ecological models, human agencies, networks and complex coevolutionary dynamics are largely neglected. This underrepresentation takes the form of models reducing human behaviour to its physical manifestations, devoid of cultural drivers and dynamics.*

*A recent study (Thornton et al., 2017) identified a number of caveats, with potential implications for policy advice, if the dynamic feedbacks between changes in the biophysical Earth system and human system forcings are handled inconsistently or excluded altogether, pointing to a “dark region of the uncertainty space”. (Gerten et al. 2018:2-3)*



A conclusão do mencionado estudo de Thornton et al. (2017:496-501) diz:

*“We conclude that biospheric feedbacks to human systems can significantly alter primary anthropogenic climate forcing by driving changes in land use and energy activities that propagate to changes in land, atmosphere and ocean carbon stocks as well as changes in fossil fuel emissions trajectories: truly comprehensive climate change assessment efforts must therefore consider these feedbacks. The approach demonstrated here removes a major inconsistency in the practice of coupled Earth system modelling as identified in AR5, thereby improving the policy relevance of climate and Earth system model projections. Our study does not seek to provide a comprehensive assessment of uncertainty associated with a particular scenario. Indeed, a synchronously coupled system that includes an **ESM** (“Earth System Models”) component can never replace the traditional use of standalone **IAMS** (“Integrated Assessment Models”) as tools for deep exploration of uncertainty. Instead, we argue that the synchronously coupled system is a new tool that allows us to explore a previously dark region of the uncertainty space: each time an ESM is run without synchronous coupling we miss an opportunity to better understand and quantify this uncertainty.”* (Thornton et al., 2018:499, grifo e destaques meus, JEV)

De fato, o AR5 - acrônimo que designa o último dos relatórios do IPCC, de 2014 - não deixa muito claro qual seria a abrangência dos modelos do sistema Terra (ESM) aos quais se refere uma dezena de vezes em suas 155 páginas. A menção mais explícita aparece no glossário:

*“A coupled atmosphere-ocean general circulation model in which a representation of the carbon cycle is included, allowing for interactive calculation of atmospheric CO<sub>2</sub> or compatible emissions. Additional components (e.g., atmospheric chemistry, ice sheets, dynamic vegetation, nitrogen cycle, but also urban or crop models) may be included.”* (IPCC, 2014:122)

Isso parece indicar que, por enquanto, o sistema Terra é visto pelo IPCC apenas na sua dimensão mais “física”, da qual é responsável o primeiro de seus três grupos de trabalho. O website <http://www.ipcc.ch/> explica:

*“The IPCC work is shared among three Working Groups, a Task Force and a Task Group. The activities of each Working Group and of the Task Force are coordinated and administrated by a Technical Support Unit (TSU).*

***The IPCC Working Group I (WG I)** assesses the physical scientific aspects of the climate system and climate change. The main topics assessed by WG I include: changes in greenhouse gases and aerosols in the atmosphere; observed changes in air, land and ocean temperatures, rainfall, glaciers and ice sheets, oceans and sea level; historical and paleoclimatic perspective on climate change; biogeochemistry, carbon cycle, gases and aerosols; satellite data and other data; climate models; climate projections, causes and attribution of climate change.*

***The IPCC Working Group II (WG II)** assesses the vulnerability of socio-economic and natural systems to climate change, negative and positive consequences of climate change, and options for adapting to it. It also takes into consideration the inter-relationship between vulnerability, adaptation and sustainable development. The assessed information is considered by sectors (water resources; ecosystems; food &*

forests; coastal systems; industry; human health) and regions (Africa; Asia; Australia & New Zealand; Europe; Latin America; North America; Polar Regions; Small Islands).

*The IPCC Working Group III (WG III) assesses options for mitigating climate change through limiting or preventing greenhouse gas emissions and enhancing activities that remove them from the atmosphere. The main economic sectors are taken into account, both in a near-term and in a long-term perspective. The sectors include energy, transport, buildings, industry, agriculture, forestry, waste management. The WG analyses the costs and benefits of the different approaches to mitigation, considering also the available instruments and policy measures. The approach is more and more solution-oriented.*

*The Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI) was established by the IPCC to oversee the IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme (IPCC-NGGIP). The core activity is to develop and refine an internationally-agreed methodology and software for the calculation and reporting of national GHG emissions and removals and to encourage its use by countries participating in the IPCC and by parties of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). The NGGIP also established and maintains an Emission Factor Database.*

*A TSU may be established to support the IPCC Chair in preparing the Synthesis Report of an Assessment Report.”*

Então, parece que continuam absolutamente atuais as pertinentes observações feitas há oito anos em Nobre et al. (2010):

*“A conceptual modeling framework that accounts not only for the influences of human actions on natural systems as historically done through proxy (e.g., greenhouse gas emissions, land cover changes) but also for the impacts of environmental services on human welfare and health will need to be developed. What complex Earth system prediction models will not easily capture is the essence of feedback from political and social decision-making into the integrated prediction/projection modeling systems. Before such feedbacks are incorporated into prediction/projection modeling, they will first be addressed in assessment models. At the same time, new paradigms will be developed whereby social science information will be included in detailed predictive ESM. Exploring, for example, the possible integration of agent-based approaches, modeling that emphasizes autonomous individual processes or entities acting on simple behavioral rules and thus generating a complex system, or other methodologies describing the evolution of complex systems should be envisaged.*

**CONCLUSIONS.** *We have suggested that future efforts in multidisciplinary Earth system modeling should include i) the development of global Earth system analysis and prediction models that account for physical, chemical, and biological processes in a coupled atmosphere-ocean-land-ice system; ii) the development of a systematic framework that links the global climate and regionally constrained weather systems and the interactions and associated feedback with biogeochemistry, biology, and socioeconomic drivers (e.g., demography, global policy constraints, and technological innovations) across scales and disciplines; and iii) the exploration and development of methodologies and models that account for societal drivers (e.g., governance, institutional dynamics) and their impacts and feedbacks on the environmental and climate systems. The latter is a particularly grand challenge because human behavior is not easily represented within the framework of present-day physical prediction systems. However, it is increasingly recognized that humanity is capable of perturbing the entire Earth system, hence the need for collaboration between natural and social scientists to explore ways of integrating societal processes into present and future ESM, if the latter are to provide quantitative information to use to mitigate and adapt to future changes in the Earth system.” (Nobre et al. 2010:1394-5, grifo meu, JEV).*

## **5. As principais dúvidas**

Na retrospectiva apresentada no início deste trabalho, assim como nos três destaques expostos em tópicos subsequentes (Datação, Holoceno e “Sistema Terra”), surgem alguns conceitos muito bem estabelecidos, que parecem indubitáveis. No entanto, tais conceitos mostram fortes contrastes com ideias algo nebulosas, ou até mesmo opacas, que forçosamente provocam dúvidas e indagações. O que parece corresponder diretamente à dificuldade de relacionamento entre conhecimentos disciplinares e inter/transdisciplinares. Isto é, ao imenso desafio de avançar na desejável e imprescindível prospecção de conhecimentos inter/transdisciplinares, mas sem prejuízo de simultâneo empenho pelo aprofundamento dos disciplinares.

A abordagem estritamente geológica da hipótese de superação do Holoceno por uma nova Época é incomensuravelmente mais consistente do que os demais discursos voltados a discutir tal hipótese no âmbito de abordagens inter/transdisciplinares do “sistema Terra”.

Para que a Terra possa ser estudada como um sistema, seus elementos/partes devem ser suficientemente articulados para que formem um todo organizado. No entanto, neste caso, esses elementos/partes correspondem a processos evolutivos muito distintos. E para que tal dificuldade seja explicada, o melhor é apresentá-la em etapas.

### **a) Planeta e vida**

Para começar, considere-se tão somente as duas mais óbvias partes desse suposto sistema: o planeta e a vida. A melhor abordagem dessa relação se apoia essencialmente na ideia de “coevolução”. Mesmo que não tenha definição precisa unanimemente aceita, qualquer das acepções em que esse termo costuma ser usado faz alusão a coisas (em geral espécies) bem distintas (principalmente plantas e insetos) cujas evoluções simultâneas são fortemente determinadas pelas influências recíprocas. Mas isso não significa que tal

fenômeno possa ser interpretado como formador de um novo sistema. Ou seja, dois sistemas que “coevoluem” podem ter dinâmicas das mais distintas, que em nada se pareçam ao que seria uma espécie de fusão de processos.

No que se refere à história da relação entre o planeta e a vida existem três hipóteses bem divergentes, das quais apenas uma - e de longe a mais conhecida - sugere que ambos devam ser concebidos como integrantes de um único sistema, ou que tal relação ocorra dentro de um único sistema. Trata-se, é claro, da célebre e bem controversa hipótese “Gaia”, que tanto exerce fascínio entre leigos. Na verdade, tal hipótese vai ainda mais longe ao afirmar que o sistema Terra tem finalidade. Proposição que fica bem clara em recapitulação do próprio Lovelock no sexto capítulo de seu livro de 2009, ao criticar a Declaração de Amsterdam de 2001:

*“My friends said, “At last Gaia is recognized as Science”; but I knew that it still had some way to go, that the declaration was incomplete, and the Gaia theory would not truly be part of science until such a declaration included in addition a scientifically acceptable rendition of the idea that the goal of self-regulation is the maintenance of habitability. Earth and life scientists at Amsterdam had not realized how ambiguous is to speak of self-regulation without specifying the aim, goal or set point of the system.(...) But engineers and physiologists know that self-regulation without a goal is nonsense -imagine an autopilot on an aircraft that had no idea what height to keep or where to go.” (Lovelock, 2009:179)*

Vale lembrar que certas definições do que vem a ser um “sistema” postulam que ele sempre tem finalidade, mesmo que não garanta autorregulação. Mas tão duvidoso postulado nem vem ao caso, pois as outras duas hipóteses sobre a relação planeta/vida são inteiramente avessas a esse teleológico finalismo autorregulatório. Mais: para ambas a evolução da vida no planeta não garante a tal harmonia inerente à hipótese Gaia. Para o paleontólogo Peter Ward, seria exatamente o contrário:

*“My thesis is that the inherent property to evolve is also the source of the inherent ‘suicidalness’ of life - a facet of what I will define as the Medea principle, to be posed and referred to here as a hypothesis.” (Ward, 2009:3)*

Já na terceira hipótese - a que mais enfatiza o conceito de coevolução - não há qualquer alusão a eventual resultado (*outcome*) da interação entre a vida e o planeta Terra. Ela nega que essa interação possa ter algum tipo de propósito e

não alude a qualquer propriedade inerente que permita algum flerte com os mitos gregos de Gaia ou de Medeia. Talvez por isso mesmo não tenha comparável charme, muito embora seja a mais próxima do materialismo darwiniano (também realçado por Ward, mas rejeitado por Lovelock). E o autor original de tal alternativa - que mereceu ótima exposição em Tyrrell (2013) - foi o falecido biólogo Stephen Henry Schneider:

<https://www.nature.com/articles/466933a>

- Parece bem duvidoso, portanto, que a biosfera possa ser pura e simplesmente acrescentada às três mais tradicionais esferas inorgânicas (lito, hidro e atmo) do sistema terrestre como se fosse uma quarta componente/parte de um único sistema chamado Terra. Mas, como foi adiantado acima, essa é só a primeira parte da indagação, pois, por motivos semelhantes, também é questionável que a própria biosfera possa ser entendida como um sistema. E, para aprofundar esta discussão, parecem muito importante ao menos dois livros: Capra e Luisi (2014) e Ward e Kirschvink (2015).

#### **b) Natureza humana e processo civilizador**

Não seria abusiva a pretensão de aplicar à natureza humana em geral, e ainda mais a seu processo civilizador, conceitos da fisiologia que impulsionaram a cibernética? Como, por exemplo, o de feedback (retroalimentação), mecanismo essencial da homeostase e seus derivativos (feedback autoequilibrador, feedback autoamplificador, ou feedback descontrolado)?

Como já foi realçado no primeiro tópico retrospectivo, é incorreto, segundo Paul Crutzen, assumir que o “Sistema Terra como um todo, incluindo seu componente humano, se autorregule, seja qual for o sentido que se dê a tão vago termo” (*“incorrectly assume that the Earth System as a whole, including the human component, will self-regulate, whatever this vague term means”*) (Steffen et al., 2004:72, box 2.7).

Sob o prisma do materialismo darwiniano, no âmbito orgânico da biosfera a autorregulação ocorre de duas maneiras bem distintas. Em seu conjunto, variações favoráveis à sobrevivência tendem a ser preservadas enquanto as favoráveis vão sendo eliminadas. Mas enquanto a parte não-humana desse conjunto é absolutamente regida por essa lei da seleção natural, sua parte humana só o é de forma relativa, pois o processo civilizador generaliza e institucionaliza condutas que se opõem à livre operação de tal lei.

No que se refere à humanidade, outros fatores superaram a luta pela existência, por mais que ela tenha permanecido importante e ainda o seja. As qualidades morais avançaram muito mais devido às consequências dos hábitos, dos poderes do raciocínio, da instrução, da religião, etc., do que dos efeitos da seleção natural. Em poucas palavras: foram instintos sociais que proporcionaram o desenvolvimento moral.

Na passagem da animalidade ao processo civilizador, a dinâmica natural de eliminação dos menos aptos na luta pela vida seleciona, entre os humanos, aqueles modos de vida social que tendem a excluir tais comportamentos eliminatórios mediante a influência crescente da moral e das instituições. Como não se cansa de reiterar o grande estudioso da evolução e do darwinismo Patrick Tort, a seleção natural selecionou a tendência civilizadora que, por sua vez, se opõe à seleção natural (Tort, 2002).

Então, se é razoável duvidar que as evoluções do planeta e da vida em geral possam ser amalgamadas em um único sistema, com ainda mais razão se deve duvidar que a natureza humana e seu processo civilizador possam ser concebidos como seus outros dois componentes. Aliás, a própria discussão sobre Antropoceno só realça as evidências sobre a autonomia do processo evolucionário do gênero humano.

Tais dúvidas levam a pensar que existem razões mais sérias e profundas para que tenham sido poucos os avanços obtidos nos últimos trinta anos pela ambição holística, inter/transdisciplinar embutida na metáfora “sistema

Terra”. Afinal, os mais sofisticados modelos conceituais dessa chamada “planetary machinery” não parecem muito menos toscos que o pioneiro diagrama de Bretherton.

### c) Início de uma segunda revolução copernicana?

Sempre será possível afirmar que se está apenas no início de uma segunda revolução copernicana. Desde que não se aceite, é claro, que ela já tenha ocorrido com o “idealismo transcendental” do filósofo-geógrafo Immanuel Kant (1724-1804). O que não parece razoável, contudo, é a aposta que tantos pesquisadores das ciências naturais estão fazendo nas proezas de um “pensamento sistêmico” que não parece ter assimilado sequer rudimentos do materialismo darwiniano.

A rigor, nada impede que se considere que essa “segunda revolução” tenha começado há mais de um século, com o advento da física quântica. Mas também não é ela que garante a aproximação epistemológica das disciplinas científicas que poderá viabilizar um pensamento mais holístico sobre a quádrupla coevolução: do planeta, da vida, da natureza humana e do processo civilizador. Parece bem mais razoável supor que tal aproximação venha a ser impulsionada pela superação das resistências que ainda atrofiaram a concepção darwiniana dos fenômenos evolucionários. É esta a dúvida que está exposta nos quatro ensaios reunidos no livro *Amor à Ciência* (Senac, 2017).

## 6) Uma dezena de perguntas

Estas perguntas são adaptações de uma seleção atualizada e livremente editada das 23 propostas em 2001 pela *Global Analysis, Integration and Modelling Task Force* do IGBP (GAIM, 2002).

Mantendo de sua discutível terminologia:

- 1) Quais são os ‘órgãos vitais’ (sic) da ecosfera?
- 2) Quais os principais padrões dinâmicos da ‘maquinaria’ (sic) planetária?
- 3) Quais são as conexões e laços de feedback dessa “maquinaria” (sic)?
- 4) Quais são os elementos críticos do Sistema Terra (ST)?
- 5) Quais são os regimes característicos da variabilidade planetária natural?
- 6) Quais, dos cinco anteriores, são transformados pela ação humana?
- 7) A interação natureza-sociedade processa eventos abruptos/extremos?
- 8) Que níveis de complexidade e resolução deve ter a modelagem do ST?
- 9) É possível descrever os órgãos acoplados na maquinaria planetária?
- 10) Como integrar os conhecimentos das ciências naturais e sociais?

## BIBLIOGRAFIA

**NB: Examinar também as 121 referências de MALHI (2017): p.25-24 a 25-28.**

ACOT, Pascal (2009) *Histoire du climat*. Ed Perrin (1ª ed. 2003).

ANGUS, Ian (2016) *Facing the Anthropocene; Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System*. Monthly Review Press.

BERGER, A. e M. F. Loutre (2002) “An exceptionally long interglacial ahead?” *Science* 297:1287-1288.

BIERMANN, Frank (2015) *Earth System Governance; World Politics in the Anthropocene*. MIT Press.

BONNEUIL, Christophe e Jean-Baptiste Fressoz (2016) *The shock of the Anthropocene*, London: Verso.

CAPRA, Fritjof e Pier Luigi Luisi (2014) *The Systems View of Life*, Cambridge UP. Traduzido no mesmo ano como *A Visão Sistêmica da Vida. Uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas*. S. Paulo: Editora Cultrix.

CASTREE, Noel (2015) “Changing the Anthro(S)cene: Geographers, Global Environment Change and the Politics of Knowledge”. *Dialogues in Human Geography* 5(3):301-316.

CIESIN (1992) - *Pathways of Understanding; The Interactions of Humanity and Global Environmental Change*. The Consortium for International Earth Science Information Network. University Center, Michigan, EUA.

CRUTZEN, Paul J. e Eugene F. Stoermer (2000) “The Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, May 1, 2000, 17.

CRUTZEN, Paul J. (2002) “Geology of Mankind”. *Nature* 415/3 (January 3, 2002), p. 23.



- De BÚRCA, Gráinne, Robert O. Keohane e Charles Sabel (2014) “Global experimentalist governance”, *British Journal of Political Science* / Volume 44 / Issue 03 / July 2014, pp 477 - 486.
- De WEVER, Patrick e Stanley C. Finney (2016). “Antropocène: sujet géologique ou sociétal?” *Le Monde*, 14 de setembro.
- DONGES, Jonathan, Ricarda Winkelmann, Wolfgang Lucht, Sarah E. Cornell, James G. Dyke, Johan Rockström, Jobst Heitzig e Han Joachim Schellnhuber (2017) “Closing the loop: Reconnecting human dynamics to Earth System science”, *The Anthropocene Review*, vol. 42(2):151-157.
- FINNEY, Stanley C. e Lucy E. Edwards (2016). “The ‘Anthropocene epoch: Scientific decision or political statement?’” *GSA Today*, v. 26, n. 3-4, p. 4-10.
- GAIM (2002) - IGBP *Global Analysis, Integration and Modelling Task Force* - “The GAIM Earth System Questions”, *Global Change Newsletter* nº 50, junho, p.9
- GERTER, Dieter, Martin Schönfeld e Bernhard Schuberger (2018) “On deeper human dimensions in Earth system analysis and modelling”. *Earth System Dynamics* (Manuscript under review)
- HAMILTON, Clive (2017) *Defiant Earth; The fate of Humans in the Anthropocene*. Polity.
- HARARI, Yuval Noah (2015) *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow*. Tradução de Paulo Geiger, Companhia das Letras, S. Paulo: 2016.
- IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- KASTING, James F. (2013) “How far have we come in Earth system science?”. *Earth's Future*, 1, 42-44.
- LANGMUIR, Charles H. e Wally Smith Broecker (2012) *How to Build a Habitable Planet; The History of Earth from the Big Bang to Humankind*. Princeton University Press.
- LATOUR, Bruno (2017) “Why Gaia is not a God of Totality”, *Theory, Culture & Society*, Vol. 34(2-3) 61-81.
- LE ROY LADURIE, Emmanuel (1988) *Times of feast, times of famine: A history of climate since the year 1000*. Ed. Farrar Straus & Giroux.
- LORIMER, Jamie (2016) “The Anthro-scene: A Guide for the perplexed”, *Social Studies of Science* 47:117-142.
- LOVELOCK, James Ephraim (1972) “Gaia as seen through the Atmosphere”, *Atmospheric Environment*, 6/579.
- LOVELOCK, James Ephraim e Lynn Margulis (1973) “Atmospheric Homeostasis by and for the Biosphere: The Gaia Hypothesis”, *Tellus*, 26/2.

- LOVELOCK, James Ephraim (2009) *The vanishing face of Gaia*. Basic Books. Traduzido como *Gaia: Alerta Final*, ed. Intrínseca, 2010.
- McNEILL e Peter Engelke (2014) *The Great Acceleration - An Environmental History of the Anthropocene since 1945*. The Belknap Press of Harvard University Press.
- MALHI, Yadvinder (2017) "The concept of Anthropocene", *Annual Review of Environment and Resources* 42:25.1-25.28.
- MALM, Andreas e Alf Hornborg (2014) "The geology of mankind? A critique of the Anthropocene narrative" *Anthropocene Review* 1(1):62-69.
- MALONE T. C. e J. G. Roederer (eds) (1985) *Global Change*. Cambridge University Press.
- MARCOTT, Shaun A. et al. (2013) « A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years. *Science* 339, 1198-1201.
- MARGULIS, Lynn e James Ephraim Lovelock (1974) "Biological Modulation of the Earth's Atmosphere", *Icarus*, 21/471.
- MAYEWSKI, Paul A. et al. (2004) "Holocene climate variability", *Quaternary Research* 62 (2004): 243- 255.
- MOONEY, Harold A., Anantha Duraiappah e Anne Larigauderie (2013) "Evolution of natural and social science interactions in global change research programs". *PNAS*, February 26, 2013, vol. 110, suppl. 1: 3665-3672
- NASA (1986) *Earth System Science: Overview*. National Aeronautics and Space Administration, Washington D. C.
- NASA (1988) *Earth System Science: A closer view*. National Aeronautics and Space Administration, Washington D. C.
- NOBRE, Carlos et al. (2010) "Addressing the complexity of the Earth system." *Bulletin of the American Meteorological Society* 91.10 (2010): 1389-1396.
- NORDHAUS, Ted et al. (2012) *The Planetary Boundaries Hypothesis; A review of the evidence*. The Breakthrough Institute, 43 p.
- PARKER, Geoffrey (2008) "Crisis and catastrophe: The global crisis of the seventeenth century reconsidered", *The American Historical Review*, vol. 113, n. 4, p. 1053-1079.
- PARKER, Geoffrey (2017) *Global crisis: war, climate change and catastrophe in the seventeenth century*. Yale University Press (c2013).
- ROBERTS, Neil (2014) *The Holocene: An environmental history*. Wiley/Blakwell, 3ª ed (1ª ed.1989).
- ROCKSTRÖM, Johan et al. (2009a) "A safe operating space for humanity", *Nature* 461, 24/set/2009, p. 472-5.

- ROCKSTRÖM, Johan et al. (2009b) “Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity”, *Ecology and Society*, 14(2): 32 (online), 35 p.
- ROUSSEAU David, Wilby, J., Billingham, J., & Blachfellner, S. (2016). Manifesto for General Systems Transdisciplinarity. *Systema* 4(1), *Special Issue - General Systems Transdisciplinarity* : 4-14.
- ROUSSEAU David. (2017) “Systems Research and the Quest for Scientific Systems Principles”. *Systems* 2017, 5, 25, p. 1-16.
- ROUSSEAU David, Wilby, J., Billingham, J., & Blachfellner, S. (2017) *General Systemology: Transdisciplinarity for Discovery, Insight and Innovation*. Springer.
- SCHELLNHUBER, Hans Joachim (1999) “ ‘Earth system’ analysis and the second Copernican revolution”, *Nature*, vol. 402, supp., 2 december, C19-C23.
- SEITZINGER, Sybil P. et al. (2015) « International Geosphere-Biosphere Programme and Earth system science: Three decades of co-evolution”. *Anthropocene* 12 (2015) 3-16.
- SMI - Stockholm MISTRA Institute on Sustainable Governance and Management of Social-Ecological Systems (2006) “Proposal to MISTRA on the new Inter-disciplinary Research Centre Initiative on Sustainable Governance and Management of Social-Ecological Systems”, by Stockholm University, Beijer Institute and Stockholm Environment Institute, 31<sup>st</sup> March 2006, 88p.
- STEFFEN, Will et al. (2004) *Global Change and the Earth System. The IGBP Series*, Springer.
- STEFFEN, Will, Paul J. Crutzen e John R. McNeill (2007) “The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* vol. 36, n. 8 (dezembro), p. 614-21.
- STEFFEN, Will et al. (2011) “The Anthropocene: conceptual and historical perspectives”, *Phil. Trans. R. Soc. A* (2011) 369, 842-867.
- STEFFEN, Will et al. (2015) “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet”, *Science*, 13/fev/2015, vol. 347, n. 6223, p. 736 (full text: 1259855.1 a 1259855.10).
- THORNTON, Peter E. et al. (2017) “Biospheric feedback effects in a synchronously coupled model of human and Earth systems” *Nature Climate Change* vol. 7, july, 496-501.
- TORT, Patrick (2002) *La seconde revolution darwinienne: Biologie évolutive et théorie de la civilization*. Paris : Éditions Kimé. (A lista das demais publicações de Tort está disponível em <http://www.patrick-tort.org>)
- TZEDAKIS, P.C. et al. (2012) “Determining the natural length of the current interglacial”. *Nature geoscience* vol. 5, February 2012, p. 138-141.
- TYRRELL, Toby (2013) *On Gaia; A critical Investigation of the Relationship between Life and Earth*. Princeton University Press.

- Von BERTALANFFY, L. "The Theory of Open Systems in Physics and Biology". *Science* 1950, 111, 23-29.
- WALKER, Michael J.C. et al (2009) "Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records", *Journal of Quaternary Science* (2009) 24(1) 3-17.
- WALKER, Michael J.C. et al (2012) "Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by the Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy)". *Journal of Quaternary Science* (2012) 27(7) 649-659.
- WALKER, Michael J.C. et al (2016) "Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: Three Proposals by a Working Group of Members of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy". **Unpublished proposal** submitted to the ICS Subcommission on Quaternary Stratigraphy. (Apud Zalasiewicz et al (2017)).
- WARD, Peter (2009) *The Medea Hypothesis*. Princeton University Press.
- WARD, Peter e Joe KIRSCHVINK (2015) *A New History of Life. The radical new discoveries about the origins and evolution of life on Earth*. London: Bloomsbury.
- WATERS, Colin N. et al. (2016) "The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene". *Science*, 8 de janeiro, vo. 351, issue 6269.
- WATERS, Colin N. et al. (2017) "Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series: Where and how to look for potential candidates". *Earth-Science Reviews* (accepted manuscript in 21 December 2017).
- ZALASIEWICZ, Jan et al. (2008) "Are we now living in the Anthropocene?" *GSA Today* v. 18, no. 2, p. 4-8
- ZALASIEWICZ, Jan, Mark Williams, Will Steffen e Paul Crutzen (2010) "The new world of the Anthropocene", *Environmental Science & Technology ('Viewpoint')*, vol. 44, no. 7, p. 2228-2231).
- ZALASIEWICZ, Jan et al. (2016) "Scale and diversity of the physical technosphere: a geological perspective". *The Anthropocene Review*, 28 de novembro, p. 1-14.
- ZALASIEWICZ, Jan et al. (2017) "The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations", *Anthropocene* 19 (2017) 55-60.
- ZHANG, David D. et al. (2007) "Global climate change, war, and population decline in recent human history", *PNAS*, vol. 104, n.49, p. 214-219.