

Antropoceno: terra incógnita

Lucia Santaella¹

Resumo: A marca humana no ambiente global tornou-se agora tão grande e ativa que rivaliza com algumas das grandes forças da Natureza no seu impacto no funcionamento do sistema Terra. Embora a influência humana em escala global sobre o meio ambiente tenha sido reconhecida desde 1800, o termo Antropoceno, introduzido por volta de 2000, só recentemente tornou-se amplamente, mas ainda informalmente, utilizado na comunidade de pesquisa sobre mudanças globais como uma nova época ou era geológica na história da Terra. Steffen *et al.* (2011) defendem o reconhecimento formal do Antropoceno como um nova época na história da Terra, argumentando que o advento da Revolução Industrial em torno de 1800 fornece uma data de início lógica para a nova época. As tendências recentes em evolução do Antropoceno, à medida que a humanidade avança no século 21, revelam mudanças profundas em nosso relacionamento com o resto do mundo vivo, reclamando por tentativas e propostas para gerir o nosso relacionamento com os grandes ciclos geofísicos que impulsionam o sistema climático da Terra. Após uma pesquisa exploratória das condições em que se encontra a discussão atualmente, este artigo visa a apresentar um panorama detalhado e crítico sobre a questão.

Palavras-chave: Antropoceno; ambiente; sistema Terra; fronteiras planetárias.

¹ Lucia Santaella é pesquisadora 1A do CNPq, professora titular da PUC-SP. Foi pesquisadora convidada em várias universidades europeias e latino-americanas. Publicou 57 livros e organizou 35, além da publicação de mais de 500 artigos no Brasil e no exterior. Recebeu os prêmios Jabuti (2002, 2009, 2011, 2014), o prêmio Sergio Motta (2005), o prêmio Luiz Beltrão (2010) e o Sebeok Fellow Award (2025). E-mail: lbraga@pucsp.br, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0681-6073>.

Anthropocene: incognitous earth

Abstract: The human imprint on the global environment has now become so large and active that it rivals some of the great forces of Nature in its impact on the functioning of the Earth system. Although human influence on the global scale on the environment has been recognized since 1800, the term Anthropocene, introduced around 2000, has only recently become widely, but still informally, used in the global change research community as a new geological epoch or era in Earth history. Steffen *et al.* (2011) argue for formal recognition of the Anthropocene as a new epoch in Earth history, arguing that the advent of the Industrial Revolution around 1800 provides a logical starting date for the new epoch. Recent trends in the evolution of the Anthropocene, as humanity moves into the 21st century, reveal profound changes in our relationship with the rest of the living world, calling for attempts and proposals to manage our relationship with the great geophysical cycles that drive Earth's climate system. After an exploratory study of the current conditions of the discussion, this article aims to present a detailed and critical overview of the issue.

Keywords: Anthropocene; environment; Earth system; planetary boundaries.

Histórico

No grego antigo *anthropos* significa “ser humano”, enquanto *kainos* significa “novo, atual”. Portanto, etimologicamente “Antropoceno” denomina um novo período da história da Terra agora dominado pelos seres humanos. O termo foi proposto em 2000 por Paul J. Crutzen, Prêmio Nobel em 1995 por seu trabalho sobre química atmosférica e sua pesquisa sobre a destruição do ozônio estratosférico (o chamado “buraco de ozônio”), e por Eugene F. Stoermer em uma publicação do Programa Internacional Geosfera-Biosfera (Schmidt, 2012).

Embora o conceito pareça novo, a ideia de que a actividade humana afeta a Terra, ao ponto de poder atravessar uma nova era, vem de mais longe, pelo menos desde o final do século 19. Diferentes termos foram propostos ao longo das décadas, como Antropozoico (Stoppani, 1873), Noosfera (de Chardin, 1922; Vernadsky, 1936), Eremozoico (Wilson, 1992) e Antroceno (Revkin, 1992). Trocando em miúdos, em 1870, o geólogo italiano Antonio Stoppani propôs que o ser humano introduziu uma nova época na biosfera. Ao dar o nome de era Antropozoica, buscou demonstrar que as atividades humanas no planeta gradativamente se transformaram em uma força morfológica e geológica. Poucos cientistas lhe deram atenção. Desde então, a população humana no globo quadruplicou e seus impactos sobre a Terra foram se tornando cada vez mais óbvios. Para o biólogo E. O. Wilson, o padrão de crescimento da população no último século se aproxima do padrão de crescimento bacteriano (Kolbert, 2011).

Algumas décadas mais tarde, em 1926, o geólogo russo V. I. Vernadsky reconheceu o poder crescente do humano sobre a biosfera. Tendo em vista que a tendência do crescimento caminhava na direção das influências das formas de pensamento sobre os ambientes, já em 1924, junto com o jesuíta francês Teilhard de Chardin e E. Le Roy, Crutzen e Stoermer chamaram de “noosfera” o mundo do pensamento, “[...] para marcar o crescente papel do poder da mente e dos talentos tecnológicos humanos para conformar seu futuro e ambientes” (2000, p. 17). Mas, foi apenas em 2000 que a denominação Antropoceno foi proposta por Paul Z. Crutzen e por Eugene F. Stoermer (Santaella, 2015, p. 47).

Parece que o sucesso do termo escolhido por Crutzen e Stoermer se deve à sorte de ter sido elaborado no momento apropriado, quando a humanidade se tornou mais do que nunca consciente da extensão do seu impacto no ambiente global. Deve-se notar que Edward O. Wilson (que

sugeriu Eremozoico, “a era da solidão”) popularizou os termos “biodiversidade” e “biofilia” (Schmidt, *ibid.*, s/p).

De acordo com o portfolio de Globaia, tecnicamente, o Antropoceno é o período mais recente do Quaternário, sucedendo ao Holoceno. Na história da Terra, o Quaternário é um período com numerosas e cíclicas glaciações, iniciadas há 2.588.000 anos (2.588 Ma). O Quaternário é dividido em três épocas: o Pleistoceno, o Holoceno e agora o Antropoceno. Durante o Pleistoceno (2.588 Ma a 11,7 Ka) ocorreram mais de onze grandes glaciações. É no Pleistoceno que surgiram os primeiros humanos e que se deu a saída dos nossos antepassados da África e a invenção das primeiras ferramentas.

A variabilidade climática do Holoceno (11,7 ka até cerca de 1800 DC) foi comparativamente mais suave e um regime climático se instalou na Terra no final da última Idade do Gelo, há 12 mil anos. O gelo deu lugar a climas temperados e os humanos já estavam presentes em todos os continentes. Mas foram necessários alguns milhares de anos para que a agricultura (domesticação da terra pelos seres humanos principalmente para alimentação) decolasse no Crescente Fértil e em outras partes da África, China, Nova Guiné e América do Sul.

Na verdade, ainda continuamos no Éon Fanerozoico, na era Cenozoica, no período Quaternário e na época do Holoceno. Mas agora, o sistema da Terra não parece comportar-se da mesma forma que no Holoceno. A Terra do século XXI está aquecendo, está superlotada, parcialmente desmatada e está mais tóxica e interligada do que nunca. O invólucro reconfortante do Holoceno, que promoveu o nascimento de civilizações, está agora fissurado. (Globaia, s/d). De acordo com Williams *et al.* (2015), a biosfera do Antropoceno está se desenvolvendo em algo fundamentalmente diferente de seus estágios microbianos e metazoários. A biosfera do Antropoceno é única ao apresentar quatro parâmetros principais:

(1) a redefinição generalizada (quase global) da composição do ecossistema e estrutura, em parte como resultado de invasões globais de espécies; (2) uma grande mudança no orçamento energético do qual dependem todas as espécies, provocado pela expropriação da produtividade primária por uma espécie (*Homo sapiens*) que consome cerca de 25% a 40% da produção primária líquida, e pela produção de grandes quantidades de energia pelo *Homo sapiens* principalmente através da queima de combustíveis fósseis, produtividade primária líquida essencialmente fóssil; (3) a evolução de plantas e animais dirigida pelo homem; e (4) o crescente acoplamento da biosfera com uma tecnosfera em evolução cada vez mais rápida. (Williams *et al.*, 2015)

A grande aceleração

Embora seja difícil negar que, nas últimas décadas, a velocidade tomou conta de uma grande parte do mundo, não se deve confundir aceleracionismo com grande aceleração. É fato que “os padrões de trabalho, os ciclos políticos, as tecnologias quotidianas, os hábitos e dispositivos de comunicação, a reconstrução das cidades, a aquisição e eliminação de bens – tudo isto acelerou” (Beckett, 2017). Menos reconhecido nesse contexto, no entanto, tem sido o movimento - digamos, pseudo-filosófico - chamado de aceleracionismo, desenvolvido especialmente na Inglaterra, com sua nova forma de pensar sobre o mundo contemporâneo e o seu potencial.

Tendo seu ponto de maior visibilidade nos anos 1970 a 2000 e contando com alguns *enfant-terribles*, entre eles Nick Landa, para os aceleracionistas a tecnologia e o capitalismo, na sua face mais agressiva e global, devem ser massivamente acelerados e intensificados – “ou porque este é o melhor caminho a seguir para a humanidade, ou porque não há alternativa” (*ibid.*). Eles também favorecem a automação e uma maior fusão entre o digital e o humano junto com a desregulamentação dos negócios e a redução drástica do governo. Ademais, “acreditam que as pessoas deveriam parar de se iludir pensando que o progresso económico e tecnológico pode ser controlado” (*ibid.*).

Por não acreditar que a convulsão social e política tenham um valor em si, o aceleracionismo vai contra “o conservadorismo, o socialismo tradicional, a social-democracia, o ambientalismo, o protecionismo, o populismo, o nacionalismo, o localismo e todas as outras ideologias que procuraram moderar ou reverter” (*ibid.*) o ritmo de mudança perturbador e aparentemente descontrolado no mundo moderno. Na introdução ao livro *Accelerate: The Accelerationist Reader*, Robin Mackay e Armen Avanesian (*apud* Beckett, 2017) declaram que “O aceleracionismo é uma heresia política”. Entretanto, como outras heresias, o aceleracionismo teve gerações de adeptos, declarados ou não, cuja história encontra-se devidamente sintetizada em Beckett (*ibid.*).

Não há nada que possa confundir, a não ser a questão indiscutível da velocidade, o aceleracionismo, tão caótico quanto o próprio caos que prega, com aquilo que os especialistas no antropoceno chamam de “grande aceleração”.

Steffen *et al.* (2015, p. 2) nos informam que o termo “Grande Aceleração” foi utilizado pela primeira vez num grupo de trabalho da Conferência Dahlem de 2005 sobre a história da relação homem-ambiente

(Hibbard *et al.*, 2006). Os autores lembram que o termo ecoou a frase título do livro de Karl Polanyi *A Grande Transformação*, em que Polanyi (1944) “apresentou uma compreensão holística da natureza das sociedades modernas, incluindo mentalidade, comportamento, estrutura e muito mais”. O termo “Grande Aceleração” igualmente buscava captar a natureza holística, “abrangente e interligada das mudanças pós-1950 que varrem simultaneamente as esferas socioeconómicas e biofísicas do Sistema Terra, abrangendo muito mais do que as alterações climáticas” (*ibid.*). Disso resultaram os gráficos da “Grande Aceleração” que foram originalmente concebidos e construídos como parte do projecto de síntese do Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP), realizado durante o período 1999-2003. Aí estava reunida uma década de pesquisa nos projetos centrais do IGBP com o objetivo de gerar uma melhor compreensão da estrutura e funcionamento do Sistema Terrestre como um todo o que deixou evidente a crescente pressão humana sobre o Sistema Terrestre, constatação que foi confirmada na atualização dos gráficos em 2010.

Segundo Pádua e Saramago (2023, p. 660), nas últimas décadas, o desenvolvimento de meios de pesquisa, inclusive da informática, trouxe a agregação de dados globais por meio de tabelas e curvas, permitindo “visualizar quantitativamente as enormes mudanças no tamanho da população, no consumo de recursos e no estabelecimento de gigantescos fluxos de matéria e energia que precisam ser movimentados cotidianamente para reproduzir um sistema internacional em intenso processo de globalização”.

De maneira geral, os dados revelavam um crescimento considerável das curvas a partir das revoluções industriais dos séculos XVIII e XIX e uma expansão vertiginosa, com as curvas quase tendendo para a vertical, a partir de 1945/1950. Esse período mais recente passou a ser chamado de “Grande Aceleração” (Steffen *et al.*, 2015; McNeill; Engelki, 2014). O ponto central da ideia de Antropoceno é que no contexto dessas mudanças, observadas em nível agregado, a ação humana passou a influenciar e modificar as estruturas fundamentais do chamado Sistema Terra (para uma história crítica desses conceitos, ver Veiga, 2019). Dessa maneira, os seres humanos se tornaram pela primeira vez um grande agente geofísico, alterando a própria estratigrafia geológica do planeta. Com base na classificação hoje adotada – baseada em éons, eras, períodos e épocas – estaríamos saindo da época Holoceno, que vigorou em torno dos últimos 11.700 anos, e entrando no Antropoceno. (*ibid.*, p. 660)

Constava da expectativa inicial dos pesquisadores do IGPB que a marca crescente da empresa humana no Sistema Terrestre tivesse se dado a partir do início da revolução industrial. A surpresa foi constatar

“a mudança dramática na magnitude e na taxa da impressão humana a partir de cerca de 1950” (*ibid.*), um fenômeno que já era bem conhecido por historiadores como John McNeill (2000), mas geralmente não pelos cientistas do Sistema Terrestre. Assim, a aceleração pós-1950 foi anotada no livro de síntese do IGBP como uma notável característica por ser “única em toda a história da existência humana na Terra” (*ibid.*). Sem dúvida, “os últimos 50 anos testemunharam a transformação mais rápida da relação humana com o mundo natural na história da humanidade” (Steffen *et al.*, 2004, p. 131).

Nos últimos anos, nota-se que o consenso caminha na direção de se considerar a intensificação do peso humano na biosfera a partir da grande aceleração de meados do século passado. Entretanto, ainda existem aqueles, mais raros, que acreditam no seu início com o advento da agricultura há oito mil anos que levou hoje à cobertura de uma extensão de 38% da terra não gelada do planeta. Outros, menos raros, marcam o final do século XVIII, com a revolução industrial. Para isso fiam-se na análise do ar que mostra o início da concentração global crescente do dióxido de carbono e metano, coincidindo com a invenção da máquina a vapor, 1784, por James Watt. É a partir dessa data também que a expansão do ser humano, que, então, estava na margem de um bilhão, se fez acompanhar pela exploração dos recursos da Terra a ponto de se esperar que neste século a população chegue a dez bilhões de pessoas. As florestas tropicais desaparecem em um ritmo alarmante soltando dióxido de carbono e levando à extinção de várias espécies.

Por fim, sob a égide da “grande aceleração”, 1945 é sinalizado como data inicial do Antropoceno. Foi essa época que marcou o surgimento da era nuclear e a assinatura radioativa que ela deixou sobre a superfície da Terra. Paralelamente, a economia global cresceu dez vezes em apenas algumas décadas. Mas uma das grandes preocupações nessa aceleração encontra-se na perda da biodiversidade, quando o ritmo de extinção das espécies da biosfera está correndo ao passo de cem a mil vezes mais rapidamente. Enfim, o grande problema é que, acompanhando esse ritmo, estamos consumindo exponencialmente mais recursos da natureza (Santaealla, 2015, p. 49-50). De uma maneira ou de outra, o que é irrefutável é que o sistema Terra está longe de apresentar as características que lhe garantiam o equilíbrio no Holoceno (Veiga, 2019, 2023).

O Antropoceno formal

O consenso sobre o Antropoceno não significa que esse novo período geológico já tenha sido cientificamente formalizado. Zalasiewicz (2017) nos informa que o primeiro exame geológico do termo, por uma comissão de estratígrafos da Sociedade geológica de Londres, ocorreu alguns anos depois que a palavra havia começado a ser empregada na literatura científica. Mas essa sociedade era apenas uma agência nacional e, portanto, sem poder sobre a Escala de Tempo Geológica (que é decidida por órgãos internacionais). Mas isso não a impedia de examinar a questão e emitir seu parecer, o que de fato fez e o parecer preliminar, quando publicado logo depois pela Sociedade Geológica da América, atraiu bastante atenção. A partir daí, formou-se um órgão internacional, o Grupo de Trabalho do Antropoceno (AWG, *Anthropocene Working Group*), com a tarefa de analisar o potencial do termo para fazer parte da Escala de Tempo Geológico, apresentando evidências relevantes e recomendações apropriadas.

Para complicar, o AWG em si não tem poder de decisão, pois há níveis hierárquicos acima dele: sucessivamente, a Subcomissão de Estratigrafia Quaternária, a Comissão Internacional de Estratigrafia e a União Internacional de Ciências Geológicas que devem concordar que o termo não somente possui validade geológica, mas que também possui valor para ser estabelecido *formalmente*. De todo modo, o AWG foi estabelecido e permanece como um órgão exclusivo dentro da extensa burocracia estratigráfica que supervisiona a Escala de Tempo Geológico. Todos os outros grupos de trabalho e subcomissões são totalmente formados por especialistas de unidades particulares de estratos e intervalos de tempo: paleontólogos, geoquímicos e geocronologistas. A Escala de Tempo Geológico costuma ser construída por geólogos para geólogos, mas com o Antropoceno, as coisas mudaram (Zalasiewicz, 2017.).

Primeiro porque muitas das consequências geológicas em torno do conceito têm causas humanas: resultam de “atividades sociais, econômicas, industriais, políticas, militares e outras. Isso leva a geologia para um terreno que é desconhecido para a maioria dos geólogos” (*ibid.*). Além disso, o conceito de Antropoceno vem despertando um profundo interesse e sendo adotado por variadas comunidades tanto das ciências naturais, quanto das sociais e das humanidades. Isso significa que “essa questão não poderia mais ser um problema geológico interno, a ser discutido e resolvido exclusivamente por geólogos” (*ibid.*). Por fim, devido às “diferentes perspectivas a partir das quais o Antropoceno está sendo estudado, estão surgindo diferentes Antropocenos” (*ibid.*).

Essa multidimensionalidade inclui um problema adicional. “O AWG engloba não só geólogos, mas também cientistas do sistema ter-

restre, arqueólogos, geógrafos, cientistas do solo, cientistas polares – e até um advogado especialista em direito internacional, mas sua alçada permanece a mesma que para todos os outros intervalos de tempo sendo analisados” (*ibid.*). Ademais, o Antropoceno do AWG é o “Antropoceno geológico” ou, mais especificamente, “Antropoceno estratigráfico”. Portanto, “a questão é se o Antropoceno, conforme foi concebido por Crutzen e Stoermer – que ocorreu fora da comunidade geológica e não formulado conforme as normas e procedimentos daquela comunidade, pode funcionar em termos geológicos clássicos como uma unidade de tempo e de estratos” (*ibid.*). Mais do que isso, se pode ser considerado útil (se for assim formalizado) para aquela comunidade. Como se não bastasse, “a questão se a potencial formalização do Antropoceno em geologia precisa levar em conta comunidades mais amplas – ou as implicações sociais e humanas dessa mudança geológica – ainda está para ser debatida; é uma situação nova e complicada para essa ciência” (*ibid.*).

Tanto é complicada que, mesmo depois da publicação pelo AWG de duas constatações preliminares e recomendações no Congresso Geológico Internacional ocorrido na Cidade do Cabo [África do Sul] em agosto de 2016, aceitando o que Antropoceno é “geologicamente real, tanto em relação ao funcionamento do sistema terrestre como, crucialmente, uma unidade de estratos muito recentes que é bem distinta dos estratos anteriores” (*ibid.*), isso não significou que a formalização estivesse perto. Em 2022, a proposta ainda precisava passar por uma bateria de votações para ser oficializada.

De acordo com Zhong (2022), “como os zoólogos que regulam os nomes das espécies animais ou os astrônomos que decidem o que conta como um planeta, os cronometristas da geologia trabalham de forma conservadora, por padrão”. A responsabilidade é enorme, pois, “eles estabelecem classificações que serão refletidas em estudos acadêmicos, museus e livros didáticos para as próximas gerações” (*ibid.*).

Entretanto, a lentidão para a formalização tem sido submetida a críticas o que não é justo visto que desenhar linhas no tempo da Terra nunca foi fácil. O registro das rochas é cheio de lacunas, e a maioria das mudanças em escala global acontece gradualmente. O planeta inteiro não muda de uma vez. E o Antropoceno, segundo a geologia, precisa ser definido por um local físico específico, conhecido como “espigão de ouro”, onde o registro da rocha claramente o diferencia do intervalo anterior. Depois de anos de busca, segundo Zhong (*ibid.*) foram votados nove locais candidatos para o Antropoceno. “Eles representam a gama de ambientes

nos quais os efeitos humanos estão gravados: uma turfeira na Polônia, o gelo da Península Antártica, uma baía no Japão, um recife de coral na costa da Louisiana (EUA)” (*ibid.*).

Entretanto, alguns especialistas argumentam “que o Antropoceno merece um rótulo geológico mais flexível: um evento. Os eventos não aparecem na linha do tempo; nenhuma burocracia de cientistas os regula. Mas eles têm sido transformadores para o planeta” (*ibid.*). Contudo, isso não descomplica as questões. Muitos estudiosos ainda discutem se o limite de meados do século 20 faz sentido por ser muito recente. Para Erle C. Ellis (*apud* Zhong, 2017), os radionuclídeos são um marcador global conveniente, mas nada dizem sobre a mudança climática ou outros efeitos humanos. “Usar a Revolução Industrial pode ajudar, mas essa definição ainda deixaria de fora milênios de mudanças causadas no planeta pela agricultura e pelo desmatamento” (*ibid.*).

As discussões ainda continuam. Em uma matéria da CNN de julho de 2023, Hunt informa que os cientistas identificaram o sítio geológico que, segundo eles, melhor reflete o Antropoceno. Esse seria um passo importante para mudar a linha do tempo oficial da história da Terra. Desde 2016, o grupo de investigadores do AWG consideraram doze locais que poderiam fornecer a principal evidência necessária para apoiar a proposta do Antropoceno, nove dos quais foram postos em votação.

Então, em julho de 2023, “os cientistas anunciaram o sítio geológico – Crawford Lake eem Ontario, Canadá – como aquele que melhor capta o impacto geológico do Antropoceno” (Zhong, 2017). Cada divisão na linha do tempo geológico oficial é, por regra, representada por um único sítio geológico – conhecido como Seção e Ponto do Estratótipo de Fronteira Global (GSSP) – que melhor captura o que há de novo ou único sobre um capítulo específico da história da Terra. Cada ponto é normalmente marcado com um “espigão dourado” (*golden spike*), muitas vezes martelado na camada principal de rocha – embora o local possa ser uma estalagmite ou núcleo de gelo. Seguindo essa norma, para o Antropoceno, “a localização proposta do pico dourado são sedimentos retirados do leito do Lago Crawford que revelam os vestígios geoquímicos de testes de bombas nucleares, especificamente plutônio – um elemento radioactivo amplamente detectado em todo o mundo em recifes de coral, núcleos de gelo e turfeiras” (Hunt, 2023).

O Crawford Lake emergiu como vencedor depois que o AWG votou em três rodadas nos nove locais que eram candidatos. Estes incluíam “uma turfa nas montanhas dos Sudetos na Polônia, o lago Searsville na

Califórnia, um trecho do fundo do mar no Mar Báltico, uma baía no Japão, uma cratera vulcânica cheia de água na China, um núcleo de gelo perfurado na Península Antártica, e dois recifes de coral, um na Austrália e outro no Golfo do México” (*ibid.*). Para Waters (*apud* Hunt, 2023) o Lago Crawford venceu porque o ponto de partida geoquímico proposto do Antropoceno associado ao sedimento é particularmente preciso.

O lago não é grande, cobrindo 2,4 hectares (5,9 acres), mas é excepcionalmente profundo, quase 24 metros, e os sedimentos encontrados no fundo podem ser divididos em camadas anuais para serem amostrados para marcadores geoquímicos de humanos. Segundo McCarthy (*ibid.*), esta análise permite que os cientistas vejam as mudanças com uma resolução anual. Para Cundry (*apud* Hunt, 2023) “a presença de plutônio nos dá um indicador claro de quando a humanidade se tornou uma força tão dominante que poderia deixar uma ‘impressão digital’ global única em nosso planeta”. No entanto, a seleção do Lago Crawford não é a decisão final sobre se o Antropoceno é reconhecido como uma unidade de tempo geológico oficial.

O AWG apresentará uma proposta para oficializar o Antropoceno à Subcomissão de Estratigrafia Quaternária e se os membros da subcomissão concordarem com uma maioria de 60%, a proposta passará então para a Comissão Internacional de Estratigrafia, que também terá de votar e concordar com uma maioria de 60% para que a proposta avance para ratificação. Ambos os órgãos fazem parte da União Internacional de Ciências Geológicas, que representa mais de 1 milhão de geocientistas em todo o mundo. A decisão final é esperada no 37th Congresso Geológico Internacional em Busan, Coreia do Sul, em agosto de 2024 (Hunt, 2023).

No entanto, ainda continua a haver discordância se o Antropoceno é uma realidade geológica – ou se os investigadores têm provas suficientes para declará-lo formalmente uma nova época. Para Stan Finney (*apud* Hunt, 2023), o esforço para reconhecer oficialmente o Antropoceno pode, de fato, ser mais político do que impulsionado pelo campo da geologia. Por isso, seria mais correto descrever o profundo impacto da humanidade na Terra como um evento geológico contínuo, em vez de uma época formal com uma data de início global precisa. Também é possível, disse ele, que os estratígrafos possam decidir que o Antropoceno não atinge o nível de época, mas poderia ser a quarta era do Holoceno – a muito menos cativante Era Crawfordiana. Outros opõem-se ao termo Antropoceno porque implica toda a humanidade na atividade que alterou irrevogavelmente o planeta. Andrew Mathews (*ibid.*) afirma que o termo Antropoceno já mostrou a sua importância, abrindo discussões diversas entre as ciências

naturais, ciências sociais e humanidades. Como tal, o local de nascimento geológico exato da época proposta pode não importar muito.

De fato, uma coisa são os rigores da ciência, outra bem diferente são os efeitos interpretativos que uma questão do teor de complexidade do Antropoceno tem provocado em todas as áreas do conhecimento humano. Entretanto, deveria ser regra que as interpretações estejam cientificamente bem fundamentadas, ou seja, que o campo do conhecimento esteja devidamente explorado para sustentar as interpretações. Isso justifica que os dados científicos sejam aqui melhor explorados antes de abriremos o leque da diversidade de problema cruciais políticos e sociais que o Antropoceno traz como consequência.

Uma descrição em três versões

O perfil do Antropoceno fica delineado na descrição em três diferentes, mas complementares versões elaboradas por Angus (2023). Vejamos.

A queima de combustíveis fósseis bombeou dióxido e carbono e outros gases para a atmosfera, levando a uma ruptura do ciclo do carbono que se manifesta na forma de acidificação dos oceanos e mudanças climáticas. A ruptura no metabolismo do carbono da Terra cresceu lentamente ao longo de um século e atingiu um ponto crítico nos anos posteriores à Segunda Guerra Mundial. O Antropoceno, que, em retrospecto era uma possibilidade desde o início da Revolução Industrial, tornou-se realidade na segunda metade do século XX, quando a ruptura no ciclo de carbono subitamente ultrapassou um ponto de não retorno (Angus, 2023, p. 143).

É hora de entendermos o meio ambiente pelo que ele é: a questão da segurança nacional do início do século XXI. O impacto político e estratégico do aumento populacional, a propagação de doenças, o desmatamento e a erosão do solo, o esgotamento da água, a poluição do ar e, possivelmente, o aumento do nível do mar em regiões críticas e superpovoadas, como o Delta do Nilo e Bangladesh – desdobramentos que levarão a migrações em massa que, por sua vez, causarão conflitos entre grupos – serão o principal desafio da política externa do qual decorrerá a maioria dos outros, despertando a população e unindo os diversos interesses remanescentes da Guerra Fria (Angus, 2023, p. 205).

Viver no Antropoceno significa viver em uma atmosfera alterada pelas 575 bilhões de toneladas de carbono emitidas na forma de dióxido de carbono pela atividade humana desde 1870. Significa habitar uma biosfera empobrecida e artificializada em um mundo mais quente, cada vez mais caracterizado por eventos catastróficos e novos riscos, o que inclui a possibilidade de um planeta sem gelo. Isso significa mares cada vez mais ácidos e com níveis mais altos, um clima de-

sordenado e seu cortejo de sofrimentos novos e desiguais. É um mundo em que a distribuição geográfica da população no planeta sofrerá grande estresse (Angus, 2023, p. 215).

Fronteiras planetárias: o terceiro conceito-chave

Além de se apresentar como um conceito-chave ao lado de “grande aceleração” e de “Antropoceno”, o conceito de fronteiras planetárias nos permite mapear as zonas limítrofes de riscos iminentes, ou seja, marcadores de pontos de segurança.

De acordo com Angus (2023), são nove as fronteiras planetárias, ou seja, nove processos ecológicos que mantêm os espaços operacionais seguros para a humanidade e que têm caracterizado a história da civilização. Disrupção em um desses processos poderia levar a “mudanças ambientais não lineares e abruptas em sistemas de escala continental e planetária” (*ibid.*).

São os seguintes os processos: 1. mudança climática (volume de gás de efeito estufa na atmosfera); 2. mudança na integridade da biosfera (taxa de perda de biodiversidade, extinção de espécies); 3. fluxos geoquímicos (fertilizantes que contêm nitrogênio e fósforo usados na agricultura. 50% deles acabam em lagos, rios e oceanos, causando abruptas mudanças em ecossistemas); 4. destruição do ozônio estratosférico, que impede que a nociva radiação ultravioleta chegue à superfície da Terra; 5. acidificação oceânica (parte das emissões de CO₂ se dissolve no mar); 6. uso da água doce (captação em grande escala); 7. mudança do sistema fundiário (mudança do uso do solo e perda dos biomas, causando redução de biodiversidade com efeitos negativos sobre o clima e os sistemas hídricos da Terra); 8. carga de aerossol atmosférico (poluição atmosférica); 9. incorporação de novas entidades (poluição química provocada por mais de 100 mil produtos químicos, nanomateriais e polímeros plásticos em uso hoje) (Angus, 2023, p. 81-84).

Ainda segundo o autor, estudos revelam que quatro das fronteiras já foram ultrapassadas (clima, poluição por nitrogênio, perda da biodiversidade, destruição da camada de ozônio), duas em zona de alto risco (integridade da biosfera e interferência dos ciclos de nitrogênio e fósforo) e outras duas em zona de perigo (mudança climática e mudança do uso do solo). Segundo Angus, 2023, p. 86, “não podemos nos dar ao luxo de concentrar nossos esforços em algumas (fronteiras) isoladamente. Se uma fronteira é ultrapassada, então outras também estão sob sério risco”.

De interesse para nós é o exemplo fornecido pelo autor de que mudanças significativas no uso da terra na Amazônia podem influenciar os recursos hídricos de regiões tão distantes quanto o Tibete. É por isso que “a fronteira da mudança climática depende da manutenção em níveis seguros de fronteiras de água doce, terra, aerossol, fósforo e nitrogênio, marítimas e estratosférica” (*ibid.*).

Em suma: “atividade humana está sobrecarregando as grandes forças da natureza e os resultados são potencialmente catastróficos. A crise de ozônio foi a primeira grande demonstração” (Angus, 2023, p. 89) e, de fato, é aquela que tem sido mais discutida, o que não significa que as outras não mereçam atenção similar. Isso nos convida a examinar cada uma das fronteiras em mais detalhes.

A crise climática: primeira fronteira

O clima, cuja fronteira já se considera ultrapassada, é o problema não só mais visível, mas também aquele que temos sentido na pele nos últimos anos e que tem colocado em evidência qual é a população vulnerável do globo que mais sofre com ele. A sequência histórica da detecção dessa fronteira foi detalhadamente relatada por Roque (2021). Se comparada com a média de 1850 a 1990, entre 2011-2020, a temperatura global aumentou 1,09 grau Celsius e vem aumentando consistentemente desde então. A temperatura de referência costuma ser a do intervalo entre 1850 e 1900 porque esse é o período mais antigo sobre o qual há observações globais disponíveis, além de se aproximar bem das condições pré-industriais (Roque, 2021, p. 235).

Clima e temperatura são siameses, mas não são a mesma coisa. O aumento da temperatura é fácil de ser sentido e medido por termômetros precisos e computadores para juntar e mapear todos os dados. O que importa, no entanto, relativo ao clima, é que esse aumento tem sido causado pela quantidade crescente de gases na atmosfera, fato que está ligado à concentração de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa. A grandeza do dióxido de carbono vem sendo medida, constatando um crescimento de 50% desde o início da era industrial (*ibid.* p. 236).

A modelagem do clima é confiável devido à abundância de dados disponíveis que permitem comparar condições passadas e presentes de variáveis que interferem nas condições atmosféricas. Para isso, os satélites foram decisivos já que, desde os anos 1960, “eles passaram a enviar uma quantidade cada vez maior de informações sobre a superfície da Ter-

ra, incluindo os aceanos” (*ibid.*, p. 236). Junto a isso, estudos paleológicos fornecem dados sobre o passado longínquo do planeta. “A obtenção de registros de longo prazo sobre o clima foi fundamental para sugerir padrões, permitindo identificar mudanças contínuas e sugerindo a variação conjunta de fatores que eram antes considerados independentes” (*ibid.*, p. 238).

A história da ciência costuma colocar grande ênfase nas novas tecnologias surgidas no pós-Guerra, como computadores e satélites. Deveria ser conjuntamente enfatizado o papel que os novos métodos de modelagem passaram a desempenhar na ciência para as simulações computacionais. Foi justamente nos anos 1950 que a meteorologia começou a trabalhar com modelos, tanto quanto os estudos sobre clima. Entretanto, de acordo com Roque é preciso destacar a verdadeira revolução nos métodos matemáticos para estudar o clima.

Antes do pós-Guerra equações diferenciais buscavam representar a realidade e descrever a dinâmica dos complicados fatores atmosféricos. Por meio de aproximações, a intenção era descrever a evolução das variáveis características dos fenômenos analisados. A partir de 1950, as práticas de modelagem passaram a simular as condições atmosféricas sem ter necessariamente a ambição de descrevê-las de modo exato. Essa nova prática foi institucionalizada por uma ação coordenada de parte da comunidade científica com o governo dos Estados Unidos e suas agências (Roque, 2021, p. 243). (...) Nos anos 1960, as instabilidades do clima entraram definitivamente no debate, mas cientistas ainda se inclinavam a vê-las como produto da limitação dos modelos, e não como características do sistema atmosférico em si. O interesse pela investigação do que poderia acontecer em um prazo mais longo levou à complexificação dos modelos, com o uso de métodos variados (Roque, 2021, p. 243-5).

Para isso, os modelos se tornaram imprescindíveis, pois permitem comparar dados de um passado muito longínquo em busca de padrões e a inspeção de dados futuros que não podem ser testados de modo direto. O aquecimento de 1,5 e 4 graus Celsius, provocado pela duplicação da concentração de carbono na atmosfera, que começava a aparecer em simulações com modelos diferentes, realizados por vários cientistas, aumentou a preocupação da comunidade. “Processos sutis interligados faziam com que o clima passasse a ser visto como um sistema complexo, propenso a sofrer mudanças radicais e autossustentadas” (*ibid.*, p. 252).

Importante para o desenvolvimento da pesquisa foi a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pela Organização Meteorológica Mundial. Entre seus objetivos, consta a organização das atividades de mo-

delagem que leve à comparação de diferentes modelos, à replicação das verificações e à garantia da confiabilidade dos modelos com a finalidade de coordenar os esforços globais para evitar o agravamento das mudanças climáticas apontadas pelos cientistas. Em 2021, o relatório coloca ênfase no fato inequívoco de que a influência humana aqueceu a atmosfera, o oceano e a superfície da Terra (IPCC, *apud* Roque, 2021, p. 254).

O relatório do IPCC traz afirmações como as seguintes: a precipitação global média na superfície da Terra provavelmente aumentou desde 1950. Em taxas mais rápidas desde 1980 (confiança média); é provável que a influência humana tenha contribuído para as mudanças nos padrões de precipitação observados desde meados do século 20, a influência humana é muito provavelmente o principal impulsionador do recuo global das geleiras desde os anos 1990; é virtualmente certo que a camada superior dos oceanos tenha aquecido globalmente desde os anos 1970 e é extremamente provável que a influência humana seja o principal impulsionador disso. É nessa “linguagem calibrada” que os relatórios do IPCC transmitem os relatórios obtidos pela comunidade científica nos últimos anos. Desse modo, a incerteza dos modelos passa a ser admitida como parte da ciência e tratada com rigor científico. (Roque, 2021, p. 255)

Embora o discurso pareça excessivamente modalizado, é preciso lembrar que a ciência não trabalha com afirmações peremptórias, ainda mais em um caso como esse, bastante inquietante por envolver a humanidade como um todo, sem que seja possível detectar culpados. Portanto, incertezas, quando resultam da ciência, não deveriam ser surpreendentes, já que a ciência só pode entregar como resultados verdades provisórias, sempre passíveis de testes futuros. De qualquer maneira, tornaram-se lugares comuns frases que não titubeiam em afirmar que “o aquecimento global é, em última análise, produto da totalidade das ações humanas ao longo do tempo” (Ghosh, 2022, p. 128).

Infelizmente, não há como negar como está perfeitamente claro nos indicadores elencados por Ghosh (2022, p. 162) que 2015 foi um ano crucial pela frequência de eventos climáticos. Um El Niño muito forte causou estragos em todo o planeta, atingindo milhões de pessoas com enchentes e secas devastadoras; tornados e ciclones atípicos passaram por lugares onde jamais tinham sido vistos. Em muitos lugares apareceram anomalias climáticas como nunca antes, inclusive com altas inéditas no meio do inverno no Polo Norte. Mas 2015 estava apenas esperando 2023 na competição pelo ano mais quente em muitos anos.

Em uma matéria publicada na Revista Fapesp, Pivetta (2023) apresentou as condições anômalas do clima em 2023 que se assemelharam

aos mapas divulgados nos últimos relatórios do IPCC, os quais continham previsões sombrias para o pior cenário de aquecimento global em meados deste século. De fato, a onda de calor que assolou o mundo no ano de 2023 promoveu a quebra de vários recordes em diferentes partes do globo. Em julho, a extensão da cobertura de gelo sobre a Antártida exibiu uma retração de 17%, um recuo sem precedentes e, pelo quarto mês consecutivo de 2023, a temperatura média sobre a superfície dos oceanos foi recorde. “Há previsões de 100% de branqueamento (processo de perda de cor dos corais do Caribe até o fim do verão boreal, o que pode causar mortalidade em massa” (Rodrigues *apud* Pivetta, 2023, p. 16).

Mais preocupante é o fato de que não há indicações de que esse fenômeno seja passageiro ou tenham ocorrido casos isolados. Ao contrário, os dez anos mais quentes da história recente ocorreram de 2020 para cá. O ano de 2016, que marca o final do El Niño mais forte já registrado, é o de temperaturas mais altas, de acordo com a maioria dos levantamentos dos serviços climáticos. Os cientistas da NOAA, a National Oceanic and Atmospheric Administration, estimam que 2023 tem 50% de chance de se tornar o ano mais quente já registrado. Nas palavras de Antonio Gutierrez (*ibid.*): “A era do aquecimento global terminou, a era da fervura chegou. Tudo é consistente com as previsões e os avisos repetidos. A única surpresa é a velocidade da mudança. A mudança climática está aqui. É terrível e é só o começo”. Esse alerta é confirmado por Lisboa (2024): “Recordes e mais recordes foram batidos em estações meteorológicas planeta afora. O observatório europeu Copernicus acaba de confirmar, [no dia 9 de janeiro de 2024], que 2023 foi o ano mais quente em 100 mil anos. Na média, o ano passado teve temperaturas 1,4°C acima dos níveis pré-industriais”.

Mudanças na integridade da biosfera: a segunda fronteira

A palavra biosfera foi usada pela primeira vez pelo geólogo anglo-austriaco Eduard Suess, em uma obra sob o título de *A Face da Terra*. “Bio[s]” significa vida, e “esfera” refere-se à superfície arredondada da Terra, ou seja, aquela que sustenta a vida, compreendida, portanto, como um todo e não por organismos separados. Uma planta, por exemplo, é constituída de raízes que mergulham no solo para se alimentar, mas, ao mesmo tempo, ela sobe para o ar em busca da respiração. Isso ilustra bem a interação orgânica entre a esfera superior e a litosfera. Desde então, a palavra biosfera passou a ser usada para explicar toda a rede interligada da

vida na Terra e a biodiversidade que nos rodeia, com todas as suas intrincadas relações biológicas e geológicas (Khan Academy, s/d).

Entretanto, essa rede interligada está perdendo seu metabolismo e a fronteira de seus riscos foi ultrapassada devido à utilização dos recursos da Terra mais rapidamente do que podem ser regenerados, o que se deve tanto ao crescimento exponencial da população como ao consumo excessivo de recursos. De acordo com Wackernagel *et al.* (2002, *apud* Cairns, Jr., 2020), “sustentabilidade requer viver dentro da capacidade regenerativa da biosfera”. O dia 25 de setembro de 2009 foi marcado como o momento exato em que “a humanidade excedeu a capacidade regenerativa da biosfera” (*ibid.*).

O excesso ecológico já estava sinalizado desde 1982. Cairns Jr. (2020) declarou que “ao exceder a capacidade regenerativa de recursos da biosfera, a humanidade passou a utilizar o capital natural (e os serviços ecológicos que produz) a uma taxa que provavelmente resultará na ultrapassagem de um ponto de viragem biosférico num futuro próximo”. Como se trata da biosfera, não só os humanos, mas todos os sistemas vivos ficam afetados. Ainda segundo Cairns Jr. (*ibid.*), a atual taxa de extinção é estimada em 1.000 vezes a taxa de fundo e pode subir para 10.000 vezes essa taxa se as tendências atuais continuarem, uma perda que se igualaria às grandes extinções passadas. Acredita-se, portanto, que o declínio da biodiversidade mundial está se aproximando de um ponto sem retorno com os duros custos de sua perda.

A perda da biodiversidade significa a extinção de espécies, o que hoje chega a atingir o nível de mil vezes mais do que no período pré-industrial. Janick *et al.* (2022) declaram que a crise da extinção coloca um milhão de espécies à beira do desaparecimento. A extinção de uma espécie não é um fenômeno isolado. Quando uma espécie animal é extinta, desaparece com ela todo um conjunto de características: genes, comportamentos, atividades e interações com outras plantas e animais que podem ter levado milhares ou milhões – até mesmo bilhões – de anos para evoluir. Perde-se igualmente o papel que as espécies desempenharam num ecossistema, “seja na polinização de certas plantas, na agitação de nutrientes no solo, na fertilização de florestas ou na manutenção de outras populações de animais sob controle, entre outras coisas”, além de que o desaparecimento de um animal transforma toda uma paisagem (*ibid.*).

Antes de uma espécie ser extinta, ela já pode ser considerada “funcionalmente extinta” porque não restam indivíduos suficientes para garantir a sobrevivência da espécie. Bennet (2020) enumera e explica as

causas dos riscos de extinção de nove espécies de animais pela perda de seus habitats: o elefante indiano, a baleia, o gorila das montanhas, o rinoceronte negro, a tartaruga do mar, o orangotango, o panda vermelho, o tigre e o cachorro selvagem africano. As causas de extinção são devidas à pesca e à caça e, mais recentemente, a atividades poluidoras, disruptivas ou à ocupação e posse de territórios selvagens.

Além dos animais, alguns deles mamíferos, tem sido colocado em muito destaque o risco de perda das abelhas. De fato, em muitas áreas a abundância e a diversidade das abelhas, dos polinizadores e de muitos outros insetos estão diminuindo, o que é preocupante. As abelhas desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na mitigação das alterações climáticas através da polinização, ou seja, do ato de se transferir grãos de pólen de uma planta para outra, permitindo a fertilização e a produção de mel. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, a segurança alimentar, a nutrição e a saúde do ambiente dependem da polinização. As abelhas e outros polinizadores contribuem para 35% da produção agrícola total mundial, polinizando 87 das 115 principais culturas alimentares em todo o mundo. A polinização é responsável por quase 90% das plantas de flores silvestres e 75% das plantações comestíveis (Zurick, 2023).

No Brasil, mais de 300 espécies nativas de abelhas desempenham um papel fundamental na conservação da biodiversidade. A equipe do Instituto Terra (*ibid.*) considera isso em suas atividades por meio da presença de um viveiro de abelhas ou meliponário nos locais em que atua. Nos programas de restauração ambiental e recuperação de ecossistemas, as abelhas sem ferrão desempenham um papel vital como agentes polinizadores de uma ampla variedade de espécies vegetais. Mais de 200 espécies nativas de abelhas sem ferrão são responsáveis pela polinização de aproximadamente 90% das árvores da Mata Atlântica. Além disso, o mel que produzem é procurado pelos seus benefícios para a saúde e efeitos curativos. No entanto, a destruição de habitats pode resultar na perda de diversidade, o que perturba a interação natural entre as abelhas e as plantas locais e impacta a conservação e manutenção das plantas no ecossistema (*ibid.*).

Apesar disso, as últimas notícias sobre a extinção de espécies de árvores na Amazônia são desanimadoras. Em 11 de janeiro de 2024, no seu site de notícias, a Fapesp publicou uma matéria assinada por Julião (2024) na qual o autor anuncia que um estudo, liderado por pesquisadores brasileiros e publicado na *Science*, em 11 de janeiro de 2024, aponta

que 82% das mais de duas mil espécies de árvores exclusivas da Mata Atlântica sofrem algum grau de ameaça de extinção. Do total de 4.950 espécies arbóreas presentes naquele bioma (incluindo as que ocorrem também em outros domínios), 65% estão com suas populações ameaçadas. É a primeira vez que todas as populações das quase cinco mil espécies arbóreas da Mata Atlântica têm seu grau de ameaça avaliado segundo os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês), maior referência global em espécies ameaçadas.

Diante do quadro aqui exposto -- e considerando-se que está longe de ser completo, não é surpreendente que a fronteira da integridade da biosfera já tenha sido ultrapassada.

Fluxos biogeoquímicos: a terceira fronteira

Problema fartamente divulgado concernente ao envenenamento da biosfera diz respeito aos fertilizantes químicos na agricultura. Fertilizantes são substâncias naturais ou sintéticas aplicadas no solo para fornecerem um ou mais nutrientes essenciais ao crescimento das plantas. Eles contêm os principais macronutrientes vegetais, como nitrogênio, fósforo e potássio. “Também contêm macronutrientes vegetais secundários, cálcio, magnésio e enxofre, e micronutrientes como cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco e boro” (Khiatah, 2019). Há duas categorias de fertilizantes: os orgânicos e os químicos. Os primeiros não são utilizados comercialmente devido à menor produtividade. Eles são ecológicos, pois decompõem-se na natureza. Entretanto, são menos eficazes para fins comerciais. Por isso, a agricultura convencional utiliza fertilizantes químicos, que proporcionam um rendimento muito maior (*ibid.*).

Quando os nutrientes e outros poluentes associados aos fertilizantes comerciais não são geridos adequadamente e são usados excessivamente, podem ser uma importante fonte de poluição do ar, do solo e da água com impactos negativos tanto na biodiversidade como no clima. Afetam, portanto, negativamente a vida das plantas e dos animais, inclusive a dos humanos, pois o uso excessivo de fertilizantes pode alterar o equilíbrio nutricional dos alimentos cultivados, diminuindo o seu valor nutricional. Ainda segundo Khiatah (*ibid.*), no que diz respeito à saúde humana, os efeitos dos fertilizantes químicos são graves, tanto no seu efeito tóxico direto, como nos efeitos indiretos que estão relacionados com a diminuição da densidade de nutrientes nas plantas consumidas.

Um estudo realizado na Warren Alpert Medical School da Brown University relatou um papel substancial da exposição à nitrosamina em várias doenças. “Esta exposição provém de uma reacção química entre nitritos e aminas secundárias ou proteínas e causa danos no DNA, no estresse oxidativo, na peroxidação lipídica e na ativação de citocinas pró-inflamatórias, que em conjunto conduzem ao aumento da degeneração celular” (Khiatah, 2019) e até mesmo à morte. O nitrito é utilizado em todos os alimentos processados e conservados, mas é mais fortemente utilizado em fertilizantes, sendo um componente importante da água poluída. “As concentrações tóxicas de cádmio e alumínio no solo devido ao uso de fertilizantes químicos também exercem influências negativa sobre a saúde humana” (*ibid.*).

Os efeitos dos fertilizantes não recaem apenas sobre a vida humana e animal em geral, mas estendem o impacto negativo generalizado por todo o ecossistema. Keena *et al.* (2022) relatam que os produtos químicos encontrados nos fertilizantes, especificamente os nitratos, são os principais contribuintes para a poluição da água em geral. Os efeitos da química no solo incluem: acidificação, que limita a biodisponibilidade de nutrientes, acúmulo de elementos tóxicos como cádmio, flúor, elementos radioativos, chumbo, arsênico, cromo e níquel e, finalmente, perturbação da biologia do solo (*ibid.*).

Um dos piores impactos consiste na hipertrofização da água doce, o que significa que as massas de água doce ficam fortemente enriquecidas com minerais e nutrientes devido ao escoamento da terra. Isso resulta em uma série de efeitos posteriores. A eutrofização induz o crescimento excessivo de plantas aquáticas e algas que podem matar animais marinhos, bem como causar o crescimento excessivo de cianobactérias que podem produzir toxinas prejudiciais e que podem se acumular na cadeia alimentar, causando prejuízos aos seres humanos. O fosfato é o principal contribuinte para o efeito de eutrofização, que adere firmemente ao solo e é transportado para a água doce através da erosão. Além disso, os fertilizantes químicos que poluíram os rios, lagos e até os oceanos contêm compostos ricos em azoto que causam esgotamento do oxigênio (Keena *et al.*, 2022).

Não é preciso muita imaginação para antecipar o que acontece com a vida debaixo d’água quando o oxigênio se esgota.

Destruição do ozônio estratosférico: a quarta fronteira

Essa fronteira corresponde ao primeiro sinal de alarme do Antropoceno que causou muito impacto nos anos 1970, chegando bem perto de uma catástrofe. Angus (2023, p. 88-99) fornece um histórico detalhado dessa fronteira que, aliás, também já foi ultrapassada.

O ozônio é uma forma de oxigênio com três átomos de oxigênio em cada molécula, em vez dos dois habituais. Isso é raro, pois “existem cerca de três moléculas de ozônio na atmosfera para cada dez milhões de moléculas de oxigênio – e está quase todo localizado na atmosfera superior, entre quinze e trinta quilômetros acima do nível do mar” (*ibid.*).

Foi descoberto no final dos anos 1800 que a luz solar que chegava à Terra continha bem menos radiação ultravioleta do que o esperado: “todas as ondas de comprimento mais curto e a maior parte das ondas de comprimento médio emitidas pelo Sol são bloqueadas pelo ozônio na atmosfera superior”. Então foi evidenciado que esse processo não era passivo, “mas um ciclo completo no qual a interação com a radiação ultravioleta converte oxigênio em ozônio e ozônio em oxigênio”, um ciclo que garante a proporção mais ou menos constante de oxigênio e ozônio de modo que a maior parte da energia ultravioleta é absorvida muito antes de alcançar a superfície terrestre. Conclusão: a fina camada de ozônio muito acima da nossa cabeça funciona como um escudo contra as radiações UV-B e UV-C que seriam muito prejudiciais (*ibid.*, p. 89-90).

Entretanto, a partir de 1920, as residências norte-americanas começaram a ser equipadas com aparelhos eletrodomésticos que aumentaram sobremaneira o consumo de energia elétrica. A seguir, para substituir os primeiros modelos de refrigeradores elétricos, caros e mau cheirosos, um novo agente refrigerante (CFC) foi inventado supostamente atóxico e não inflamável. Quando começou a ser produzido industrialmente, as vendas foram intensas. Nos anos 1970, era usado como propelente, em vários lugares do mundo, de qualquer produto a ser pulverizado: aerossóis em *spray* – inseticidas, fixadores de cabelo, desodorantes, lubrificantes para motor, perfumes, tintas e muito mais (*ibid.*, p. 92). O que importa é que cada vez mais CFCs fora da pauta ambiental foram liberados na atmosfera.

Por essa mesma época, 1970-1971, Paul Crutzen demonstrou que a química da camada de ozônio era bem mais complexa do que se acreditava até então, dado o fato de que os óxidos de nitrogênio tinham grande importância para manter constantes os níveis de ozônio. Isso significa

que aumentos do óxido de nitrogênio na atmosfera superior diminuiria a camada de ozônio, expondo a Terra ao aumento de radiação ultravioleta. A pesquisa prosseguiu até se descobrir que 1% da camada de ozônio já havia sido destruída e que se a produção de CFC prosseguisse de 5 a 7% de toda a camada desapareceria até 1995 e 50% até 2050. A teoria que sustentava essa tese era sólida, mas faltavam testes. Assim, só em 1985, novos equipamentos de observação permitiram comprovar que os CFCs estavam atingindo a atmosfera em quantidades cada vez maiores desde 1930. A seguir, investigações confirmaram que o buraco na camada de ozônio era real e causada pelos CFCs.

Em suma: a camada de ozônio não se recuperará enquanto todo o CFC não desaparecer, um processo que, se monitorado internacionalmente como se espera, levará boa parte do século XXI para se realizar.

Acidificação oceânica: a quinta fronteira

A atmosfera, camada de proteção da Terra, é formada por uma mistura de gases, entre eles: nitrogênio, que compõe 78,08% do ar, oxigênio, que compõe 20,94% e dióxido de carbono, que compõe apenas 0,03% do ar atmosférico. O dióxido de carbono ou gás carbônico é um produto químico formado por dois átomos de oxigênio e um átomo de carbono. O equilíbrio do dióxido de carbono é essencial para manter as condições de temperatura e clima necessárias para a existência da vida na Terra. Ele é importante, de um lado, pelo fato de ser um composto essencial para a realização da fotossíntese - síntese de carboidrato a partir de água e dióxido de carbono (CO_2), processo vital para a manutenção dos seres vivos. De outro lado, o dióxido de carbono auxilia na produção do efeito estufa, um fenômeno atmosférico natural igualmente responsável pela manutenção da vida na Terra. Sem a presença desse fenômeno, a temperatura na Terra seria muito baixa, em torno de -18°C , o que impossibilitaria o desenvolvimento de seres vivos (*Enciclopédia Significados*, s/d).

Existem, na atmosfera, diversos gases de efeito estufa. São eles que absorvem a radiação solar irradiada pela superfície terrestre, impedindo que todo o calor retorne ao espaço. Uma parte da energia emitida pelo Sol à Terra é refletida para o espaço, outra parte é absorvida pela superfície terrestre e pelos oceanos. Uma parcela do calor irradiado de volta ao espaço é retida pelos gases de efeito estufa, presentes na atmosfera. Essas são as condições para que o equilíbrio energético seja mantido, fazendo com que não haja grandes amplitudes térmicas e as temperaturas fiquem estáveis.

O dióxido de carbono é liberado na atmosfera não apenas através da respiração dos animais, mas também como resultado das atividades humanas. Mas essas atividades podem elevar a concentração de dióxido de carbono, bem como de outros gases não naturais presentes na atmosfera, como monóxido de carbono e dióxido de enxofre. Tais emissões causam desequilíbrios na composição atmosférica, afetando negativamente o ambiente. A queima de combustíveis fósseis, substâncias de origem mineral, é a principal responsável pela emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Essa emissão contribui para a poluição e para a perturbação do equilíbrio térmico do planeta, resultando no aumento do efeito estufa e no aquecimento global.

Os combustíveis fósseis são amplamente utilizados para a geração de energia elétrica e para movimentar veículos de transporte. O desmatamento provocado pela queima das florestas também afeta o equilíbrio do dióxido de carbono na atmosfera. Além de liberar o gás pela queima da madeira, reduz o número de árvores responsáveis pela fotossíntese, que absorve o CO₂ da natureza (*ibid.*).

Ademais, o aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera também resulta em maior absorção desse gás pelos oceanos. Isso causa a acidificação dos oceanos, tendo efeitos negativos nos ecossistemas marinhos, especialmente nos recifes de coral e nos organismos com conchas ou esqueletos calcários. A acidificação dos oceanos também pode afetar a pesca e a segurança alimentar de comunidades que dependem do oceano como fonte de alimento.

A acidificação significa a redução do pH dos oceanos por longos períodos de tempo (décadas ou mais). O Grupo Brasileiro de Acidificação dos Oceanos (<https://broa.furg.br>) nos informa que a redução do pH é causada principalmente pela dissolução do CO₂ atmosférico nos oceanos. O aumento contínuo de emissões antropogênicas de CO₂ para a atmosfera desde o início da Revolução Industrial elevou a concentração de dióxido de carbono na atmosfera a níveis 40% superiores aos encontrados no período pré-industrial.

Para piorar as condições dos oceanos, pesquisadores revelam que o uso maciço de plásticos é tamanho que os oceanos abrigarão mais detritos plásticos do que peixes em 2050. De acordo com o Instituto Humanitas Unisinos (2016), “o sistema atual de produção, utilização e descarte de plásticos tem efeitos negativos importantes: de US\$ 80 bilhões a US\$ 120 bilhões de embalagens plásticas são perdidos anualmente. Além do custo financeiro, sem nada em troca, os prognósticos indicam

que os oceanos terão mais plástico do que peixes (em peso) até 2050”. A proporção de toneladas de plástico para toneladas de peixes era de uma para cinco em 2014, mas será de uma para três em 2025 e vai ultrapassar uma para uma em 2050.

Caso não haja mudanças drásticas a esse respeito, o plástico representará 20% da produção petroleira em 2050 (*ibid.*).

Uso de água doce: a sexta fronteira

A distribuição da água no globo assim se apresenta: oceanos 97,2%, calotas polares/geleiras 2,0%, água subterrânea 0,62%, lagos de água doce 0,009%, mares interiores/lagos salgados 0,008%, atmosfera 0,001%, rios 0,0001%, o que soma um total de 99,8381%.

As fontes da água doce são de três tipos: 1. a água subterrânea, aquela que se infiltra no solo através de materiais porosos nas profundezas da terra. Ela preenche poros e fraturas em camadas de rocha chamados aquíferos. Quando este tipo de água está demasiada abaixo da superfície da Terra, sua extração a um custo acessível torna-se difícil; 2. Água do escoamento superficial, que se refere à precipitação que não se infiltra no solo nem retorna à atmosfera. Ela é composta por córregos, rios, lagos, pântanos e reservatórios. A neve com 10 cm de profundidade contém aproximadamente a mesma quantidade de água que 1 cm de chuva (Bureau, s/d).

A água é fundamental para a biosfera. De sua disponibilidade e variabilidade dependem a diversidade e distribuição de biomas e habitats que abrigam a riqueza da vida vegetal e animal na Terra. De sua quantidade e qualidade específicas dependem a preservação do estado e da estabilidade dos ecossistemas, assim como a persistência dos tipos de ecossistemas, sua composição e função, facilitando a migração de espécies e habitats conforme as principais condições ambientais, como temperatura, precipitação e mudanças na umidade do solo.

Entretanto, os principais aquíferos do planeta estão sendo esgotados tanto devido à captação em grande escala para uso agrícola e industrial quanto em razão do derretimento das geleiras que eliminam a nascente de muitos rios. Segundo Angus (2023, p. 83-84), o uso global de água doce pelo ser humano totaliza 2.600 quilômetros cúbicos por ano.

Bastante detalhado e baseado em dados é o prognóstico de Boltz *et al.* (2015). Atualmente, cerca de 1,6 bilhão de pessoas vivem em bacias hidrográficas com forte estresse hídrico, mas espera-se que o número au-

mente para 3,9 mil milhões até 2050, ou para mais de 40 por cento da população mundial projetada (OCDE, 2012). As tendências de crescimento populacional e da economia apontam que, até 2030, a procura global por água excederá a oferta disponível em 40% (The 2030 Water Resources Group, 2009). A agricultura é atualmente, de longe, o maior utilizador de água, responsável por quase 70% da água doce retirada de rios, lagos e lençóis freáticos em todo o mundo (FAO, 2014). No entanto, espera-se que as retiradas até 2050 venham principalmente de manufatura, eletricidade e uso doméstico (OCDE, 2012). Uma pesquisa de 2014 com 302 empresas no mundo revelou que 82% do setor de energia está exposto ao risco hídrico, enquanto 77% dos consumidores de indústrias que incluem empresas de alimentos e bebidas serão também afetados.

Esses são os prognósticos caso não haja o rápido reconhecimento para a mitigação das ameaças vitais e dos perigos relacionados ao esgotamento da água doce no planeta.

Mudança no uso do solo: a sétima fronteira

O solo é um corpo natural que consiste em camadas compostas por minerais, matéria orgânica, ar e água. A função mais amplamente reconhecida do solo é o seu apoio à produção de alimentos. Ele é a base da produção agrícola, pois é o meio para o crescimento das plantas produtoras de alimentos, ao fornecer às plantas nutrientes, água e suporte para suas raízes. O solo também atua como repositório de sementes, germoplasma e genes para a flora e a fauna. Além de fornecer tratamento de água às plantas, o solo também sustenta milhões de organismos vivendo nele. Estes organismos são úteis na medicina, na biodegradação e na reciclagem de resíduos, bem como para os alimentos e para a conversão de minerais e nutrientes em formatos facilmente utilizáveis para as plantas e, por sua vez, para a nutrição animal.

Conforme Omuto *et al.* (2012, p. 11), na hidrologia, o solo interage com a hidrosfera como um meio que absorve, purifica, transporta e libera água. No ciclo hidrológico, a água que passa pelo solo acumula-se temporariamente na forma de rios, lagos, oceanos, represas, água do solo e águas subterrâneas. Na engenharia, o solo é utilizado tanto como material de construção quanto como base para sustentar infra-estruturas de construção. Numerosas estruturas de engenharia tomam o solo como principal material de construção. Por exemplo, ele é usado tanto para fazer blocos para construção quanto diretamente na construção, como em

barragens, casas de barro, estradas, etc. O solo, em suma, na sua interação com aspectos variados da vida, constitui-se como uma das fontes fundamentais da vida.

Os solos são o ecossistema mais complexo e diversificado do mundo. Fornecem à humanidade 98,8% de seus alimentos e uma ampla gama de outros serviços, desde o armazenamento de carbono e regulação de gases de efeito estufa, até mitigação de inundações e fornecimento de apoio às cidades em expansão. Mas o solo é um recurso finito e a aceleração do crescimento populacional, com o consequente aumento de consumo, está pressionando os solos de modo sem precedentes devido à intensificação da produção agrícola (Kopittke *et al.*, 2019, s/p)

Atualmente, cerca de 42% de todas as terras não congeladas são usadas na agricultura, terras que antes abrigavam 70% das pradarias, 50% das savanas e 45% das florestas temperadas decíduas. A perda desses biomas provoca a redução da biodiversidade, afetando o clima e os sistemas hídricos da Terra (Angus, 2023, p. 31).

O quadro se torna ainda mais desafiador quando se estima um aumento populacional com previsão de atingir 9,8 bilhões até o ano 2050 (ONU, 2017 *apud* Kopittke *et al.*, 2019) Assim, para alcançar segurança alimentar global, a produção de alimentos deve aumentar 70% entre 2005 e 2050 (ELD, 2015, *apud* Kopittke *et al.*, 2019).

Carga de aerossol atmosférico: a oitava fronteira

Aerossóis atmosféricos é o material constituído de pequenas partículas sólidas ou líquidas em suspensão no ar. Bioaerossóis têm origem biológica, por exemplo: vírus, bactérias, fungos, esporos e pólenes). Os aerossóis ainda podem ser classificados em primários e secundários. Os primários são aqueles formados por partículas provenientes diretamente da fonte, enquanto os secundários são formados na atmosfera. Estes últimos são resultantes de reações químicas envolvendo compostos orgânicos voláteis (VOCs, na sigla em inglês), óxidos de nitrogênio (NOx) e dióxido de enxofre (SO₂).

Segundo Arana (2010, p. 15), a biosfera e a atmosfera estão intrinsecamente relacionadas. As emissões de gases traço, que são outros gases além do nitrogênio (78,1%), oxigênio (20,9%) e argônio (0,934%), e de aerossóis pela biosfera terrestre, regulam as características da atmosfera que, por sua vez, influenciam diversos processos biológicos responsáveis por estas emissões. A troca de gases traço e de aerossóis biogênicos entre

a superfície terrestre e a atmosfera são controlados pela produção e deposição desses compostos pela vegetação, atividade microbiótica, processos químicos, transporte através do solo e da água, e transporte por fluxos turbulentos.

Tendo por base uma extensa consulta de fontes, a autora ainda informa que “os aerossóis naturais primários e secundários interagem fortemente com a radiação solar através de absorção e espalhamento de luz, influenciando o balanço de energia na superfície e as taxas de reações fotoquímicas na troposfera” (*ibid.*). Os aerossóis atmosféricos também influenciam o clima “através da nucleação de gotículas de nuvens, sendo responsáveis pela formação e desenvolvimento de nuvens”. Além disso, suas partículas atuam nos ciclos biogeoquímicos, sendo um meio de transporte eficiente para micronutrientes importantes para o ecossistema, tais como cálcio (Ca), fósforo (P), nitrogênio (N), entre outros (Arana, *ibid.*, p. 16).

Vanderlei Martins (*apud* Caires, 2019) explica que os aerossóis estão presentes em todo lugar no planeta. Existem os naturais, produzidos por exemplo, pelas florestas, os provenientes dos oceanos, como os aerossóis de sal marinho, e os do solo, na forma de poeira. Mas existem também os aerossóis de poluição. Veículos e indústrias emitem gases para a atmosfera, alguns deles de efeito estufa, o que evidencia a ação humana diretamente sobre o clima. Além disso, outros poluentes interagem na formação de nuvens, e com o excesso dessas partículas na atmosfera as características das nuvens vão mudar também, o que pode implicar menos chuvas, e quando acontecem, elas se tornam muito mais torrenciais. “Isso depende muito da quantidade de poluição, da meteorologia do local onde ela está sendo emitida e, pior: esta poluição não fica só no local, ela pode ser transportada para longas distâncias. A poluição gerada em um local pode causar transtornos em outros locais” (Marcia Yamaso *apud* Caires, 2019).

Igualmente, o processo de emissões de partículas pelas queimadas e seu transporte em longas distâncias fazem com que o ecossistema sofra uma perda líquida de nutrientes para regiões vizinhas (Arana, 2010, p. 16). Em termos de clima global, as partículas de aerossóis têm um impacto importante, absorvendo cerca de 0,5 W/m² de radiação solar global, que é uma fração importante do aquecimento dos gases de efeito estufa (*ibid.*)

Embora o impacto das partículas de aerossóis no clima ainda exija mais estudos, é certo que os aerossóis produzidos por ação humana pioram a qualidade do ar e estão associados a uma série de doenças e aumento da mortalidade.

Poluição química: a nona fronteira

Esta fronteira ainda não foi explorada a ponto de o seu diagnóstico poder ser apresentado em dados. Tanto é que ela se constitui na mais nova fronteira a ser incorporada à lista das precedentes.

As tecnologias químicas são essenciais para as sociedades modernas, com mais de 95% de todos os bens e artigos fabricados dependentes da química. Entretanto, os efeitos colaterais dessa fabricação não se faz por esperar. As mais óbvias fontes de poluentes químicos incluem fumaça de tabaco, emissões de produtos utilizados em lugares de trabalho, por exemplo, equipamentos de escritório; móveis, revestimentos de paredes e pisos; produtos de limpeza e de consumo, gases como o CO, o monóxido de carbono, e NO₂, o dióxido de nitrogênio, que são produtos de combustão. As fontes internas de CO incluem os sistemas de exaustão de veículos e de garagens anexas, fogões a gás, fornalhas, fogões a lenha, lareiras, cigarros e queima de incenso.

Menos óbvios, mas não menos atuantes são nanomaterias, utilizados, por exemplo, em cosméticos, e polímeros plásticos muito em uso atualmente (Angus, 2023, p. 31). Os impactos sobre a saúde dessas novas entidades já estão sendo estudados. Contudo, a capilaridade do problema requer estratégias de vigilância para detectar e alertar sobre usos e exposições potencialmente prejudiciais e perigosos, além de exigir a definição de métricas de remediação.

O Antropoceno é uma questão cosmopolítica

O quadro anteriormente delineado das nove fronteiras do Antropoceno é, de fato, assustador. E ele não é feito apenas de palavras, mas, sobretudo, de dados colhidos por pesquisas confiáveis. Não é casual que a questão tenha transbordado todas as fronteiras das ciências empíricas distribuindo-se hoje pelos mais variados campos do pensamento humano, gerando uma multiplicidade de interpretações que estão longe de alcançar um consenso. Felizmente, com exceção de alguns grupos que negam a crise climática movidos por ignorância ou interesses espúrios, não obstante as diferenças de posições quanto às respostas à pergunta sobre o que fazer, ou seja, sobre quais são as saídas possíveis, existe uma crença generalizada sobre a crucial seriedade dos perigos que hoje rondam o planeta.

Um indicador das controvérsias e multivalência das discussões encontra-se na impressionante variedade de nomes substitutivos de “Antro-

poceno” que funcionam como sinais da variabilidade das interpretações. A quantidade de nomes é, de fato, impressionante. Sem exaustividade seguem alguns deles: Misanthropoceno, Antrobsceno, Tecnoceno, Socio-ceno, Homogenoceno, Econoceno (Angus, 2023, p. 258). Mas os nomes não param aí. Prosseguem em: Novaceno, Mesoceno, Bioceno, Plantationoceno, Neganthropoceno, Ginoceno, Homogenoceno, Termoceno, Tanatoceno, Fagoceno, Phronoceno, Agnatoceno, Polemoceno, Capitaloceno (Clarke, 2020, p. 244). Não se trata de mera oferta pitoresca, pois cada um dos prefixos funciona, de certo modo, como índice do ponto de vista que está sendo colocado em pauta, enquanto todos juntos são indicadores da extrema complexidade da questão, o que impede que ela seja abraçada em todas as suas dimensões, em cada trabalho particular. Consequentemente, o que veremos a seguir são apenas alguns *flashes* de uma seleção de autores que, a meu ver, merecem ser colocados em destaque.

Para começar, é fácil constatar que nossa Mãe Terra está apresentando a sua conta, fornecendo-nos “a medida do preço extremamente alto que será preciso pagar pela exploração imoderada de nosso meio ambiente, com a poluição crescente do solo, do ar, da água e também dos organismos vivos, com o desaparecimento acelerado de inúmeras espécies de plantas e animais, com as consequências dramáticas do aumento do efeito estufa sobre o planeta” (Descola, 2016, p. 24). Para Thompson (1990, p. 135), temos o dever sagrado para com o planeta – para com Gaia – de alterar a ordem dos nossos valores, de modo que nossa primeira preocupação seja a limpeza das águas, a proteção do solo e o cuidado com as árvores (Thompson, 1990, p. 135).

Existe uma crítica constante ao encaminhamento político (o que está em questão é eminente e iminentemente político) que vem sendo dado às nove fronteiras do Antropoceno. Ghosh (2002, p. 154) enfatiza que as mudanças climáticas representam para as práticas de governança uma crise de magnitude sem precedentes de modo que “ignorar esse desafio seria contrariar o caminho evolutivo do estado-nação moderno”. Entretanto, em vez de conceder ao problema sua real dimensão, “a energia política tem se concentrado cada vez mais em questões que se relacionam, de uma forma ou de outra, com identidade, religião, casta, etnia, linguagem, direitos humanos e assim por diante (*ibid.* p. 138). Rees (2021, p. 32) põe o dedo na mesma ferida: “o triste é a inércia – para os políticos, o imediato supera o longo prazo; o paroquial supera o global”.

A posição de Ghosh (2022, p. 167-168) é contundente contra as retóricas de acordo que ele considera como “uma tela cintilante, projetada

para ocultar barganhas políticas, acordos tácitos e brechas visíveis apenas para quem as conhece. Não é segredo que várias corporações, bilionários e empreendedores climáticos tiveram um papel importante nas negociações de Paris”. Mas, “a dicção do acordo deriva diretamente dos acordos de livre comércio da era neoliberal” (*ibid.*). E, sem dúvida, “é daí que provêm as referências a ‘acelerar, encorajar, e possibilitar a inovação’ e muitos dos termos correlatos como ‘partes interessadas’ (*stake holders*), ‘boas práticas’, ‘soluções de seguros’, ‘entidades públicas e privadas’, ‘desenvolvimento de tecnologia’ e assim em diante” (*ibid.*).

Os diálogos entre a geopolítica e a sociologia não são fáceis enquanto os cenários de degradação avançam exigindo soluções internacionais. Todavia, “políticos dão atenção a seus eleitores – e à próxima eleição. Acionistas esperam retorno a curto prazo”. Sem uma perspectiva mais ampla – sem a percepção “de que estamos todos juntos nesse mundo abarrotado – os governos não darão prioridade adequada a projetos de longo prazo em perspectiva política” (Rees, 2021, p. 226).

Todavia, a perspectiva mais ampla implica o abandono das hipocrisias da globalização, razão por que Stengers (2009, 2014) propõe o termo “cosmopolítica” para fazer jus a um outro abandono, o do nacionalismo, visto que “da perspectiva cosmopolita, o nacionalismo é particularmente pernicioso não apenas por causa da franca justificação que dá às guerras e desigualdades globais. Ele é pernicioso em razão de seu status cognitivo: o nacionalismo define e ossifica nossas estruturas científicas, políticas e sociais, e nossas categorias mais básicas de pensamento e conhecimento”. Não por casualidade, as categorias mais básicas do nacionalismo “são cativas da ordem nacional: cidadão, família, classe, democracia, política, Estado, etc. todos nacionalmente definidos” (Beck, 2018, p. 77).

Sobretudo, é preciso abandonar a retórica dos extremos. Segundo Beck (2018, p. 58), “a literatura sobre a mudança climática tornou-se um supermercado para cenários apocalípticos. (...) Muitos veem os pregadores da catástrofe como os últimos realistas remanescentes. Eles acreditam que o pessimismo das catástrofes oferece os melhores argumentos quando se trata de fazer uma avaliação consistente da situação” (*ibid.*, p. 30). De outro lado, a salvação do mundo, tal como invocada pelos defensores otimistas do progresso, diante do quadro do Antropoceno, soa como uma paródia. Não obstante parece necessário manter alguns fios de esperança. “Mesmo que a solução que queremos para o futuro – algum modo diferente de conviver entre humanos, bem como entre humanos e não

humanos – ainda não exista, resta-nos ao menos a esperança de inventar maneiras originais de habitar a terra”, diz Descola (2016, p. 27).

Para Rees (2021, p. 12), este século nos coloca diante do desafio de ser o primeiro, na existência humana, em que uma espécie – a nossa – pode determinar o destino da biosfera. Mesmo considerando o abismo deprimente entre o que poderia ser feito e o que ocorre na realidade, Rees não crê na extinção, embora aponte para a necessidade não só de pesquisa, vontade política, mas também de sorte para evitar colapsos devastadores. “Isso por conta da pressão nos ecossistemas; existem mais de nós (a população mundial é maior) e estamos todos exigindo mais recursos. E – mais assustador ainda – a tecnologia nos deixa cada vez mais poderosos e, assim, nos expõe a novas vulnerabilidades” (*ibid.*, p. 13). Contudo, não propõe que, para reduzir os riscos seja preciso refrear a tecnologia; “pelo contrário, precisamos melhorar nossa compreensão da natureza e implementar tecnologias adequadas com mais urgência” (Rees, 2021, p. 4).

Sem escorregar por ingenuidades, Ghosh (2022, 171) propõe que “por mais sombrio que seja o cenário das mudanças climáticas, existem alguns sinais de esperança: um crescente senso de urgência entre os governos e a população; o surgimento de alternativas energéticas realistas; a disseminação do ativismo em todo o mundo; e até mesmo algumas vitórias para os movimentos ambientalistas”.

Diante dos desafios, as críticas mais contundentes e as propostas mais radicais provêm dos críticos do capitalismo. Mas, não são todos que aderem à explicação da centralidade do capitalismo como razão exclusiva do estado de coisas. Ghosh (2022, p. 158-159), por exemplo, discorda “daqueles que identificam o capitalismo como a principal falha tectônica dessa paisagem das mudanças climáticas. (...) Mesmo que o capitalismo fosse magicamente transformado amanhã, os imperativos de dominação política e militar continuariam sendo um obstáculo significativo”.

Posição anticapitalista original é aquela defendida por Haraway, originalidade que tornou o nome substitutivo – Capitaloceno – por ela batizado, aquele que mais adeptos encontrou em relação a toda a coleção de nomes alternativos existentes. Conforme já enunciado em outra ocasião (Santaella, 2022, p. 297-299), para Donna Haraway (2015), o nome do Capitaloceno é Chthuluceno, tão impossível de pronunciar quanto são múltiplas e heteróclitas as facetas do Antropoceno. Estas têm a ver com escala, taxa/velocidade, sincronicidade e complexidade. Diante dessa mudança não de grau, mas de tipo, pergunta-se: “quais são os efeitos sobre pessoas (não o Homem) bioculturalmente, biotecnicamente, biopolítica-

mente e historicamente situadas” (*ibid.*) em relação a e de modo combinado com outras assembleias de espécies e também com outras forças bióticas/abióticas?

Nenhuma espécie atua sozinha, “nem mesmo a nossa arrogante, fingindo ser composta por bons indivíduos nos chamados roteiros ocidentais modernos”. Conjuntos de espécies orgânicas e de atores abióticos fazem história, do tipo evolutivo e de outros tipos também. Isso não se reduz a uma crise climática, mas incorpora “cargas extraordinárias de química tóxica, mineração, esgotamento de lagos e rios sob e acima do solo, simplificação do ecossistema, vastos genocídios de pessoas e outras criaturas, em padrões sistemicamente ligados que ameaçam o colapso do sistema” (Haraway, 2015, p. 159).

Partindo de uma estratégia semelhante à de Flusser no seu *Vampyrotheutis infernalis* (2002), Haraway (2016) elege uma aranha como alegoria da situação, sua *Pimonia cthulhu*, personagem do Chthuluceno, com miríades de tentáculos ligados aos aliados armados. Com essa miríade a postos, a musa irônica do pós-humano abandona seu trono e, em vez de pós-humanismo, tomando o humano como *humus*, elege o “*humusities*” no lugar de “*humanities*”.

Continuando com Santaella (2022, p.298), o tema retorna mais longamente no livro *Seguir con el problema. Generar parentesco en el Chthuluceno* (2019), ocasião para, mais uma vez, Haraway lançar dardos sardônicos na direção das tensões entre o Antropoceno e o Capital. Ao mesmo tempo, o Chthuluceno, protagonizado pela aranha com seus tentáculos indissoluvelmente ligando humanos e não-humanos, aparece como a utopia de uma nova aliança entre todas as espécies como meio de revitalização da Terra devastada pelo capitalismo patriarcal.

O ciberfeminismo crítico, de que Haraway é a principal protagonista, é frequentado por outras autoras que também se dedicaram à questão candente do Antropoceno. A par de Isabelle Stengers, muito ligada a Latour, que se notabilizou por sua visão estendida da política e por sua militância intelectual correspondente, na esfera específica do ciberfeminismo, dignas de nota são Joanna Zylińska e Jane Bennett. O problema da ecologia política já havia sido objeto das investigações de Bennet desde 2010. Seu livro *Vibrant matter* defende a extensão da política para o papel que as coisas desempenham nos eventos. Por matéria vibrante ela quer significar a materialidade viva que atravessa tanto os corpos humanos quanto os não-humanos. Sua reivindicação do não-humano, especialmente das coisas, coloca-a em alinhamento com o movimento filosófico

do realismo especulativo cujos autores também propõem o deslocamento epistemológico do humano para os objetos (Bryant *et al.*, 2011). A ênfase de Bennet no político vai além de um mero deslocamento, fluindo na direção de uma ecologia que, em lugar da culpabilização deste ou daquele, aponta para a teia de forças que afetam acontecimentos e situações.

Zylinska (2014), por sua vez, também com ênfase na política, não a desligou de uma reflexão ética para que a política não apenas se torne eficaz, mas também seja verdadeiramente política. Por isso, sua ética mínima recomendava, há oito anos, a precaução contra uma compreensão muito rápida e soluções imediatistas para a complexidade do Antropoceno. Colocar o Antropoceno em uma injunção ética significa demandar a responsabilidade dos discursos que sejam capazes de sair em busca dos melhores caminhos políticos para a enormidade dos desafios.

A posição anticapitalista mais radical provém de Angus (2023). Seus argumentos são bastante convincentes e suas propostas de sustentabilidade em um mundo pós-capitalista igualmente coerentes. Para ele, “eliminar os combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa exigirá uma transformação da economia global que levará décadas. (...) A indústria tem grande dificuldade em olhar mais de dez anos adiante. (...) A crise do CFC-ozônio foi a primeira quase catástrofe do Antropoceno e, a não ser que haja grandes mudanças, haverá outras crises muito piores” (Angus, 2023, p. 99).

Atento ao conceito marxista de “ruptura metabólica”, para Angus “existe um conflito insuperável entre o tempo da natureza e o tempo do capital – entre os processos cíclicos do sistema terrestre que se desenvolveram ao longo de milhões de anos e a necessidade do capital de produção, entrega e lucros rápidos” (Angus, 2023, p. 138). Outra contradição básica do sistema capitalista de controle é que ele não pode separar “avanço” de destruição, nem progresso de desperdício - ainda que as resultantes sejam catastróficas. “Quanto mais o sistema destrava os poderes da produtividade, mais libera os poderes da destruição; quanto mais dilata o volume da produção, tanto mais tem de sepultar tudo sob montanhas de lixo asfíxiante” (Mészáros, *apud* Angus, 2023, p. 141).

Desacreditando de medidas paliativas, Angus prognostica que “se não houver transformações radicais, o Antropoceno não será marcado apenas pelo calor, mas por um regime climático muito diferente” e a grande variedade de eventos climáticos, que estamos vivenciando, continuará a crescer à medida que queimarmos mais combustíveis fósseis (Angus, 2023, p. 102, 106). Não há tempo a perder “dada a recusa dos

governantes a agir – ver o fracasso de todas as reuniões da ONU sobre o clima nas duas últimas décadas, que não conseguem adotar medidas concretas contra os combustíveis fósseis. Em suma, realizar essa transformação é o desafio que os socialistas enfrentam no Antropoceno (Angus, 2023, p. 102, 106, 197, 220).

O autor não se detém apenas no diagnóstico, mas apresenta um programa de transformação com as necessárias medidas a serem tomadas na direção de uma solidariedade humana global cujo destino se encontra em uma alternativa ecossocialista para o mundo (*ibid.*, p. 224-225, 228-229). De fato, o autor não fica só em palavras, mas apresenta um quadro completo do destino geral da jornada, junto com a direção estratégica e a bússola necessária que devem ser adotadas para alcançá-lo e sem o qual não pode haver esperança de sucesso.

De todo modo, a adesão a essa proposta não poderia deixar de considerar com Beck (2018, p. 31) que o mundo está sofrendo uma surpreendente metamorfose que exige a transformação do horizonte de referências e das coordenadas de ação, que são tomadas como constantes e imutáveis por posições que se mantêm aprisionadas no presentismo, ou seja, em “posições que abolem o tempo para funcionar em tempo-real, privilegiando o agora e nutrindo a ilusão da instantaneidade e da disponibilidade imediatas (Crary, 2023, p. 85).

Beck pergunta: “o que a mudança climática faz para nós, e como ela altera a ordem da sociedade e a política? Propor essa questão nos permite pensar para além do apocalipse ou da salvação do mundo e focalizar em sua metamorfose”. Para isso é imperioso “recuar e repensar os conceitos fundamentais em que os discursos atuais da política climática estão aprisionados e explorar a contínua metamorfose que ocorre sob o radar”. Isto porque um dos aspectos importantes da metamorfose diz respeito à influência dos riscos globais sobre a percepção ou a própria tomada de consciência da metamorfose. Essa é uma questão da reflexividade (auto confrontação) e, por outro lado, de reflexão (conhecimento, discursos globais) (Beck, 2018, p. 55, 88).

É justamente nessa direção, a da reflexão e do conhecimento, que caminha o trabalho em progresso que estou propondo sob o título de “O arco-íris da ecosemiosfera. O *continuum* dos reinos fisio-bio-eco-zoo e tecnoantropo”. Repensar na sua radicalidade um modo diferente de convivência dos humanos entre si e igualmente entre humanos e não humanos.

Referências

- ANGUS, Ian. *Enfrentando o antropoceno*, Glenda Vincenzi e Pedro Davoglio (trans.). São Paulo: Boitempo, 2023.
- ARANA, Andréa A. *A composição elementar do aerossol atmosférico em Manaus e Balbina*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Universidade do Estado do Amazonas, Curso de Pós-graduação em Clima e Ambiente, 2010.
- BECK, Ulrich. *A metamorfose do mundo*: Novos conceitos para uma nova realidade, Maria Luiza X. de A. Borges (trad.). Rio de Janeiro: Zahar, 2018.
- BECKETT, Andy. Accelerationism: How a fringe philosophy predicted the future, we live in. *The Guardian*, 11 de maio, 2017. Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2017/may/11/accelerationism-how-a-fringe-philosophy-predicted-the-future-we-live-in>. Acesso: 15 out 2023.
- BENNET, Jane. *Vibrant matter*: A political ecology of things. Durham, NC: Duke University Press, 2010.
- BENNETT, Emily. 9 species facing extinction due to habitat loss. *The Real World*, 1 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.trafalgar.com/real-word/9-animals-facing-extinction-habitat-loss/>. Acesso: 2 fev. 2023.
- BOLTZ, Frederick; MARTINEZ, Alex; BROWN, Casey; ROCKSTRÖM, Johan. Healthy freshwater ecosystems: An imperative for human development and resilience. In: JÄGERSKOG, A.; CLAUSEN, T. J.; HOLMGREN, T.; LEXÉN, K. (eds.) *Water for development: Charting a water-wisew path* (SIWI report no. 35), 2015, p. 34-37. Disponível em: <https://www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/2015-WWW-report-Chapter-7.pdf> Acesso: 15 out, 2023.
- BRYANT, Levi; SRNICEK, Nick; HARMAN, Graham. Toward a Speculative Philosophy. In: BRYANT, Levi; SRNICEK, Nick; HARMAN, Graham (eds.). *The Speculative Turn*: Continental Materialism and Realism, Melbourne: re.press, 2011.
- BUREAU OF RECLAMATION. Water facts. Disponível em: <https://www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html>. Acesso: 02 out, 2023.
- CAIRES, Luiza. Aerossóis poluentes interferem na atmosfera, no clima e na saúde. *Jornal da USP*. 31 de julho de 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/aerossais-poluente-interferem-na-atmosfera-no-clima-e-saude/>. Acesso: 15 nov. 2023.

CAIRNS, Jr. Threats to the biosphere: Eight interactive global crises. *Journal of Cosmology*, V. 8, 2010.

CLARKE, Brian. *Gayan Systems*: Lynn Margulis, neocybernetics, and the end of the Anthropocene. Ann Arbor: University of Minnesota Press, 2020.

CRARY, Jonathan. *Terra arrasada*: Além da era digital, rumo a um mundo pós-capitalista, Humberto do Amaral (trad.). São Paulo: UBU, 2023.

CRUTZEN, Paul; STOERMER, Eugene F. The “anthropocene”. *IGBP Newsletter*, n.41, p. 17-18, May 2000. Disponível em: <<http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/NL41.pdf>>. Acesso: 25 nov. 2015.

DESCOLA, Philippe. *Outras naturezas, outras culturas*, Cecília Ciscato (trad.). São Paulo: Ed. 34, 2016

ENCICLOPEDIA SIGNIFICADOS. CO₂ (Dióxido de Carbono). Disponível em: <https://www.significados.com.br/dioxido-de-carbono/>. Acesso: 15 dez, 2023.

FLUSSER, Vilém. *Vampyroteuthis Infernalis*: Eine Abhandlung samt Befund des Institut Scientifique de Recherche Paranaturaliste. Göttingen: European Photography, 2002.

GHOSH, Amitav. *O grande desatino*: Mudanças climáticas e o impensável, Renato Plerorentizou (trad.). São Paulo: Quina, 2022.

GLOBAIA. The Anthropocene: A primer, s/d. Disponível em: <http://globaia.org/portfolio/cartography-of-the-anthropocene/>. Acesso 02 abr. 2020.

HARAWAY, Donna. A cyborg manifesto: Science, technology, and socialist feminism in the late twentieth century. In: *Simians, cyborgs, and women: The reinvention of nature*. New York: Routledge, 1991.

HARAWAY, Donna. Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making kin. *Environmental Humanities*, v. 6, p. 159-165, 2015.

HARAWAY, Donna. Tentacular thinking: Anthropocene, Capitalocene, Chthulucene. *Journal #75* - September 2016. Em: <http://www.e-flux.com/journal/75/67125/tentacular-thinking-anthropocene-capitalocene-chthulucene/>. Acesso: 03/05/2017.

HARAWAY, Donna. *Generar parentesco en el Chthuluceno*, Helen Torres (trad.). Bilbao: Consonni, 2019.

HARAWAY, Donna. *O manifesto das espécies companheiras*: Cachorros, pessoas e alteridade significativa, Pê Moreira (trad.). Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2021.

HIBBARD, K. A.; CRUTZEN, P. J.; LAMBIN, E. F. *et al.* Decadal interactions of humans and the environment. In: COSTANZA R; GRAUMLICH L.; STEFFEN W. (eds.) *Integrated history and future of people on Earth*. (Dahlem Workshop Report 96), p. 341–375, 2006.

HUNT, Katie. Scientists say they've found a site that marks a new chapter in Earth's history. CNN, 11 de junho, 2023. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2023/07/11/world/anthropocene-epoch-geological-time-unit-scn/index.html>. Acesso: 30 ag. 2023.

IHU. Oceanos terão mais plásticos do que peixes em 2050, 2016. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/noticias/550992-oceanos-terao-mais-plasticos-do-que-peixes-em-2050>. Acesso: 12 de nov. 2017.

JANICK, Julia; DAIGLE, Katy; KIYADA, Sudev. On the brink. *Reuters*. Disponível em: <https://www.reuters.com/graphics/global-environment/extinct/lbvgggdgevg/>. Acesso: 02 fev. 2023.

JULIÃO, André. Mais de 80% das espécies de árvores exclusivas da Mata Atlântica estão ameaçadas de extinção. Agência Fapesp, 11 de jan de 2024. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/ate-2100-mais-de-80-das-especies-de-anfibios-do-pantanal-e-entorno-perderao-areas-adequadas/53964>. Acesso 15 de jan. 2025.

KHAN ACADEMY. What is the biosphere. Disponível em: [https://www.khanacademy.org/humanities/big-history-project/life/how-did-life-begin-change/a/what-is-the-biosphere-#:~:text=The%20word%20biosphere%20was%20first,Earth%20\(1885%E2%80%931908\)](https://www.khanacademy.org/humanities/big-history-project/life/how-did-life-begin-change/a/what-is-the-biosphere-#:~:text=The%20word%20biosphere%20was%20first,Earth%20(1885%E2%80%931908)). Acesso: 10 jan. 2023.

KEENA, Mary; MEEHAN, Miranda; SCHERER, Tom. Environmental implications of excess fertilizer and manure on water quality, North Dakota State University NM1281, 2022. Disponível em: <https://www.ndsu.edu/agriculture/extension/publications/environmental-implications-excess-fertilizer-and-manure-water-quality>. Acesso: 15 dez., 2023.

KHIATAH, Bashar. The health impacts of chemical fertilizers. *AmosInstitute*. 25 fev., 2019. Disponível em: <https://amosinstitute.com/blog/the-health-impacts-of-chemical-fertilizers/>. Acesso: 15 dez. 2023.

KOLBERT, Elizabeth. Enter the Anthropocene: Age of man. National Geographic. 2011. National Geographic. Disponível em: <http://ngm.nationalgeographic.com/2011/03/age-of-man/kolbert-text>. Acesso: 15 ago. 2015.

KOPITKE, Peter M.; MENZIES, Neal W.; WANG, Peng *et al.* Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, v. 132, 2019.

LISBOA, Daniel. Bom dia, inferno. *Piauí*, v. 196, 11 de jan de 2024.

MCKAY, Robin; AVANESSIAN, Armen. *Accelerate: The accelerationist reader*. Falmouth: Urbanomic, 2014.

MCNEILL, John Robert. *Something new under the sun: An environmental history of the twentieth-century world*. New York: W. W. Norton, 2000.

MCNEILL, John Robert; ENGELKE, Peter. *The great acceleration: An environmental history of the Anthropocene since 1945*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2016.

OMUTO, Christian T.; NACHTERPELE, F.; VARGAS, Ronald. *State of the art report on global and regional soil information: Where are we? Where to go?* 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263126646_State_of_the_Art_Report_on_Global_and_Regional_Soil_Information_Where_are_we_Where_to_go/citation/download. Acesso: 25 out. 2023.

PÁDUA José Augusto; SARAMAGO, Victoria. O antropoceno na perspectiva de uma análise histórica: Uma introdução. *Topoi (Rio J.)*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 54, p. 659-669, set./dez. 2023.

PIVETTA, Marcos. O mundo ferve. *Revista Pesquisa Fapesp* ano 24, n. 331, p. 12-17, 2023.

POLANYI, Karl. *The great transformation*. New York: Farrar & Rinehart, 1944.

REES, Martin. *Sobre o futuro: Perspectivas para a humanidade: questões críticas sobre ciência e tecnologia que definirão a sua vida*, Vinicius Rocha (trad.). Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

ROQUE, Tatiana. O clima virou um problema. In: ROQUE, Tatiana. *O dia em que voltamos de Marte: uma história da ciência e do poder com pistas para um novo presente*. São Paulo: Planeta, p. 235-257, 2021.

SANTAELLA, Lucia. A grande aceleração e o campo comunicacional. *Intexto*, Porto Alegre, UFRGS, n. 34, p. 46-59, set./dez. 2015.

SANTAELLA, Lucia. *Neo-Humano*. A sétima revolução cognitiva do Sapiens. São Paulo: Paulus, 2022.

SCHMIDT, Jeremy. A cartography of the Anthropocene. 18 dez 2012. Disponível em: <https://jeremyjschmidt.com/2012/12/18/a-cartography-of-the-anthropocene/>. Acesso: 10 set 2023.

STEFFEN, Will *et al.* *Global change and the Earth system: A planet under pressure*. The IGBP Book Series. Berlin: Springer, 2004.

STEFFEN, Will; GRINEVALD, Jacques, CRUTZEN, Paul; MCNEILL, John. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, A 369, p. 842–867, 2011.

STEFFEN, Will; BROADGATE, Wendy; DEUTSCH, Lisa *et al.* The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, p. 1–18, 2015.

STENGERS, Isabelle. *Au temps des catastrophes: résister à la barbarie qui vient*. Paris: La Découverte, 2009.

STENGERS, Isabelle. Gaia. The urgency to think (and feel). Trabalho apresentado no Colóquio Internacional *Os mil nomes de Gaia: Do Antropoceno à Idade da Terra*, de 15 a 19 de setembro de 2014. Disponível em: <http://osmilnomesdegaia.eco.br/textos-dos-palestrantes/>, 2014. Acesso 05/01/2020.

THOMPSON, William Irvin (org.). *Gaia: Uma teoria do conhecimento*. São Paulo: Gaia, 1990.

VEIGA, José Eli da. *O Antropoceno e a ciência do sistema Terra*. São Paulo: Editora 34, 2019.

VEIGA, José Eli da. *O Antropoceno e as humanidades*. São Paulo: Ed. 34, 2023

WILLIAMS, Mark *et al.* The Anthropocene biosphere. *The Anthropocene Review*, v. 2, n. 3, p. 196-2019, 2015.

ZALASIEWICZ, Jan. Ciência e sociedade do Antropoceno: Transição a partir do Holoceno. *Revista Comciência*. Dossiê 194: a humanidade na história da terra (dez-2017/jan-2018), s/p, 2017.

ZHONG, Raymond. Proposta ainda precisa passar por uma bateria de votações para ser oficializada (ou rejeitada). *The New York Times*, 26 dez. 2022.

BROWN, Mary; ROBBINS, Justin. Why are bees so important for biodiversity? *Zurich News and Media Magazine*, 20 de maio, 2024. Disponível em: <https://www.zurich.com/en/media/magazine/2023/why-are-bees-so-important-for-biodiversity>. Acesso: 15 nov. 2023.

ZYLINSKA, Joanna. *Minimal ethics for the Anthropocene*. Ann Arbor: Michigan University Press, 2014.