



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 6, nº 2 (2020)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID22217>



A URGÊNCIA DO ANTROPOCENO

Vanda de Claudino-Sales¹

¹Pós-Doutora em Geomorfologia Costeira, Mestrado Acadêmico em Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), Sobral/CE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9252-0729>

Email: vcs@ufc.br

Resumo

As forças externas que controlam a dinâmica da Terra têm sido as astronômicas e geofísicas, durante quase toda a existência de 4,5 bilhões de anos do planeta. Nas últimas seis décadas, as forças antrópicas têm provocado taxas de mudança excepcionalmente rápidas. Este novo regime foi representado por uma "Equação do Antropoceno", na qual a força antrópica se torna comparável às forças naturais ou até mesmo dominante em relação a elas. Uma das consequências das mudanças antrópicas é o aquecimento global. Os geógrafos decidiram, até agora, não tomar parte ativa dessa discussão. No entanto, a gravidade da situação exige outra atitude dos geógrafos, para ajudar a evitar uma catástrofe global de caráter ambiental e social. Este artigo apresenta reflexões sobre essas situações, tendo como metodologia a análise de material sobre o tema.

Palavras-chave: Antropoceno; Crise ambiental; Mudanças climáticas.

THE URGENCY OF THE ANTHROPOCENE

Abstract

The dominant external forces controlling Earth's dynamics have been astronomical and geophysical forces during the planet's 4.5-billion-year existence. In the last six decades, anthropic forces have driven exceptionally rapid rates of change on Earth. An 'Anthropocene Equation', where the natural forces tend to zero and the anthropic forces becomes comparable to them or even superior, represented this new regime. One of the consequences of the anthropogenic changes is global warming. The geographers have decided, until now, not be part of this discussion. Nevertheless, the gravity of the situation demands another attitude from geographers, to help avoid an environmental and societal global catastrophe. This paper presents reflections about these situations, having as methodology the analysis of material that discusses the theme.

Keywords: Anthropocene; Environmental Crisis; Climate Changes.

LA URGENCIA DEL ANTROPOCENO

Resumen

Las fuerzas externas que controlan la dinámica de la Tierra han sido astronómicas y geofísicas, durante casi los 4.500 millones de años de existencia del planeta. En las últimas seis décadas, el forzamiento antropogénico ha causado tasas de cambio excepcionalmente rápidas. Este nuevo régimen fue representado por una "Ecuación de l'Antropoceno", en la cual el forzamiento natural tiende a cero y que el forzamiento antropico se vuelve comparable al forzamiento natural o incluso dominante en relacion con ellos. Una de las consecuencias de los cambios antropogénicos es el calentamiento global. Hasta ahora, los geógrafos han decidido no participar activamente en esta discusión. Sin embargo, la gravedad de la situación requiere otra actitud de los geógrafos para ayudar a prevenir una catástrofe global de naturaleza ambiental y social. Este artículo presenta reflexiones sobre estas situaciones, utilizando como metodología el análisis de material sobre el tema.

Palabras-clave: Antropoceno; Crisis ambiental; Cambios climáticos.

1. INTRODUÇÃO

Há pelo menos dois séculos, vários cientistas das mais diversas áreas do conhecimento vêm reconhecendo que a sociedade humana vem produzindo mudanças significativas na natureza. As alterações cresceram tanto nas últimas décadas que a avaliação da influência humana no meio ambiente tornou-se consensual. Este artigo apresenta reflexões sobre essa situação, tendo como metodologia a análise de material que discute o tema. A segunda parte apresenta elementos que permitam uma discussão sobre a influência humana na natureza no âmbito da geografia.

Em 2002, o químico holandês ganhador do prêmio Nobel, Paul Crutzen, em um artigo publicado na revista "Nature", apresentou o termo "Antropoceno" para designar o intervalo de tempo de influência dominante da sociedade humana na natureza (CRUTZEN, 2002). Antropoceno, literalmente, significa o intervalo de tempo geológico no qual a sociedade humana tem alterado de forma significativa as condições atmosféricas, biogeoquímicas hidrológicas e biológicas, transformando-se em um verdadeiro agente geológico

(STEFFEN; CRUZTEN; MCNILL, 2007). Desde então, o conceito vem sendo muito usado por críticos das formas de uso e ocupação do espaço geográfico, sobretudo na Europa.

Apesar do termo Antropoceno e das ideias vinculadas a ele serem usados há mais de uma década, ele não existe ainda oficialmente. Isto é, a Comissão Internacional de Estratigrafia, que faz parte do corpo científico da União Internacional de Ciências Geológicas e é a responsável pela definição das divisões do tempo geológico, não acatou ainda formalmente a subdivisão “Antropoceno”.

Para que uma nova subdivisão geológica seja caracterizado, faz-se necessária a existência de depósitos geológicos específicos desse intervalo de tempo, bem como a definição clara de um local representativo onde a nova subdivisão tenha sido iniciado. Para analisar essas questões, a Comissão Internacional de Estratigrafia há uma década criou um grupo de trabalho denominado “Grupo de Trabalho Antropoceno” (ou *Anthropocene Working Group* –AWG). Ao final do ano de 2016, o grupo de estudo deu seu veredito: O Antropoceno deve sim, ser considerado uma nova época do tempo geológico, situado no Holoceno.

Um dos grandes pontos de interrogação da conceituação de Antropoceno encontrada pelo grupo de estudo disse respeito ao momento do início desse novo período geológico. Alguns cientistas consideram que o período deveria ser datado da primeira revolução agrícola, ocorrida há 10 ka. Outros colocam que o Antropoceno deveria ter começo na Revolução Industrial da primeira metade do século XVIII.

No entanto, a Comissão do Antropoceno considerou que o Antropoceno deveria ter como data de início o final da Segunda Guerra Mundial, a partir da explosão das bombas atômicas no Japão. A comissão considerou também que os depósitos geológicos específicos do Antropoceno seriam os depósitos de lixo e plástico do fundo dos oceanos e presentes nas áreas sedimentares costeiras e continentais, além do gás carbônico armazenado nas colunas de gelo das geleiras mundiais (MCGREGOR *et al.*, 2015).

Assim, iniciou-se o processo de oficialização do período Antropoceno pela União Internacional das Ciências Geológicas. Ainda não está completamente decidido, a comissão tem que acatar o resultado do trabalho do grupo de estudos, e isso ainda pode levar alguns anos. Mas o grande e fundamental pontapé inicial já foi dado.

E o que é exatamente o tempo de existência do Antropoceno? O momento de início do Antropoceno demarcado pelo grupo de estudos da Comissão Internacional de Estratigrafia, tendo início no final da Segunda Guerra Mundial e evoluindo até os dias atuais, é conhecido pelos cientistas mundiais como o período da “grande aceleração”.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. A grande aceleração

A grande aceleração tem início a partir do final da Segunda Guerra Mundial. As lições absorvidas com o desastre da Guerra e os avanços tecnológicos dela resultantes inspiraram um novo regime econômico e político que retomou o crescimento social e

econômico, capitaneado sobretudo pelos Estados Unidos (MCNEILL, 2014).

Do ponto de vista ambiental, o período da “grande aceleração” é caracterizado pelo crescimento exponencial de grandes concentrações de dióxido de carbono e metano no ar, temperaturas elevadas das superfícies terrestres, diminuição da biodiversidade, acidificação dos oceanos, invasão de espécies exóticas, principalmente plantas, nos habitats regionais, pesca marinha excessiva, perda de florestas tropicais, crescimento da população, construção de grandes barragens e surgimento do turismo internacional (COLVILE, 2016).

A grande aceleração dá evidências de que a Terra está caminhando para um mundo menos diverso, menos florestado, muito mais quente e com maior tendência à ocorrência de tempestades e catástrofes.

A grande aceleração teve lugar inicialmente em um contexto intelectual, cultural, político e legal no qual os impactos causados pela sociedade no meio ambiente contavam muito pouco nos cálculos e decisões de governos, laboratórios, grandes e pequenas fazendas e comunidades. Mas o crescimento acentuado dos efeitos da sociedade no meio ambiente global nos últimos 15 anos vem mudando esse contexto, e hoje há uma grande preocupação com a preservação ambiental. O quadro 1 resume o que ficou conhecido na literatura como “limites planetários” ou “fronteiras planetárias (ROCKSTROMET *et al.*, 2009), exposto posteriormente por McNeill (2014)

Pois a população humana cresceu muito e deve alcançar 10 bilhões de pessoas nas próximas décadas. O gado bovino produtor de metano hoje conta com mais de 1,5 bilhões de cabeças. As florestas tropicais estão desaparecendo, liberando dióxido de carbono e produzindo extinção de espécies. Mais da metade da água acessível vem sendo utilizada pela humanidade. Cerca de 40% a 50% da superfície sólida do planeta está sendo explorada (WATERS *et al.*, 2016).

Além disso, a pesca removeu mais de 30% da produção primária em zonas oceânicas de ressurgências e cerca de 40% em plataformas continentais. O uso de energia aumentou 16 vezes nas décadas finais do século XX, produzindo 160 milhões de toneladas de gás sulfúrico atmosférico por ano, mais do que o dobro das emissões naturais. O nitrogênio tem sido fixado por fertilizantes na agricultura em quantidade maior do que é normalmente fixado em todos os ecossistemas terrestres. O óxido nítrico produzido pela queima de combustíveis fósseis e biomassa também ultrapassa as emissões naturais (CANFIELD; GLAZER; FALKOWSKI, 2010).

O gás carbônico atmosférico, que totaliza hoje 409,8 partes por milhão, é 120 partes por milhão mais elevado do que era antes do Antropoceno (NOOA, 2019). . A taxa de acidificação dos oceanos é a maior dos últimos 300 Ma; a taxa de lançamento de dióxido de carbono para a atmosfera (da ordem média de 10 pentagramas, ou 10 bilhões de toneladas) é a maior em 66 Ma. A concentração de metano na atmosfera subiu rapidamente, para 1.810 partes por bilhão em 2012, um nível 2,5 vezes superior ao de 1750. A mudança é extraordinária comparada com forças naturais, e é mais do que o dobro do valor observado nos últimos 800 ka (KONHAUSER; PECOITS; LALONDE, 2009).

Em termos de biodiversidade, a taxa de extinção produzida pela sociedade humana é de 10 a 100 vezes superior à taxa normal de extinção de espécies ocorrida ao longo da história

geológica. Estamos atravessando a sexta grande extinção de espécies animais e vegetais, com taxas de perdas de espécies crescendo rapidamente nos meios marinhos e terrestres (CEBALLOS *et al.*, 2015). Os seres humanos estão modificando a estrutura e o funcionamento da biosfera em tal extensão que o Antropoceno representa o começo do terceiro estágio de

evolução da biosfera, seguindo o estágio microbiano de 3,6 Ga no Arqueano, quando a vida apareceu, e o surgimento de metazoos em aproximadamente 650 Ma, do Neoproterozoico, que significa o aparecimento dos primeiros animais (BARNOSKY *et al.*, 2012).

Quadro 1 – Principais tipos de mudanças globais induzidas pela sociedade no Antropoceno

Mudanças climáticas globais, em função do crescimento de grande quantidade de gases com efeito estufa na troposfera
Acidificação dos oceanos via fixação de dióxido de carbono atmosférico gerado pelas atividades sociais. Junto com o aquecimento das águas oceânicas, representa uma verdadeira ameaça para a vitalidade e produtividade da pesca marinha e da biodiversidade
Grandes mudanças como no ciclo do nitrogênio, enxofre e fósforo
Perda crescente da biodiversidade, causando mudanças/rupturas nos ecossistemas, em função de perda de habitats e mudanças climáticas, além de outras pressões sociais
Degradação e perda de terras aráveis, em função da super-exploração, da erosão e da expansão urbano-industrial
Esgotamento das reservas de água fresca, em função da diminuição dos aquíferos, diminuição dos fluxos fluviais e perda de zonas úmidas
Aceleração da perda de recursos naturais não renováveis, como fosfato e terras raras
Destruição de paisagens e ecossistemas costeiros, dada a grande ocupação urbana e industrial dessas áreas
Alteração dos cursos fluviais mundiais, com barragens, hidrelétricas, desvios e transposições

Fonte: adaptado de McNeill (2014).

Em adição, os avanços tecnológicos e econômicos que previamente contribuíram para o ganho de saúde pública, dada a intensidade com que interferem na dinâmica natural e ampliam a pegada ecológica da humanidade, estão agora colocando em risco a saúde da população mundial.

Nos últimos 7 ka, a taxa de alteração da temperatura da superfície da Terra era de aproximadamente $-0.01^{\circ}\text{C}/\text{século}$. Ao longo dos últimos cem anos, a taxa de mudança passou para $0.7^{\circ}\text{C}/\text{século}$, 70 vezes mais do que a média, e em direção oposta. Desde 1970, quando a influência dos homens no clima ficou mais evidente, a taxa de subida da temperatura passou a ser da ordem de $1,7^{\circ}\text{C}/\text{século}$, 170 vezes mais do que a média total do Holoceno. A queima de combustíveis fósseis e a agricultura produziram grande aumento de gás de efeito estufa na atmosfera e assim, a Terra está se aquecendo rapidamente (IPCC, 2013; WATERS *et al.*, 2016).

Com efeito, a empreitada humana é agora tão grande e intensiva e tem uma pegada ecológica coletiva tão larga, que está produzindo grandes mudanças globais e rupturas, destruição e esgotamentos nos ecossistemas e geossistemas da Terra de

forma sistemática e acumulativa. Assim, pode-se dizer que as forças antropogênicas hoje causam mais mudanças no sistema Terra do que as forças geofísicas e astronômicas que regulam o planeta desde que ele foi criado, há 4,5 Ga. Dessa forma, a sociedade humana já pode efetivamente ser considerada como um agente geológico capaz de alterar e controlar as condições naturais (CRUTZEN, 2002; STEFFEN; CRUZTEN; MCNILL, 2007; GAFFNEY; STEFFEN, 2017).

Esse novo funcionamento da Terra, caracterizado pela ação antropogênica como elemento geológico, pode ser representado na forma de uma equação: a Equação do Antropoceno.

2.2. A Equação do Antropoceno

A Terra é um complexo natural composto por geosfera, atmosfera, hidrosfera (incluindo criosfera) e biosfera, com aproximadamente 4,5 Ga. Forças geofísicas e astronômicas têm sido as forças dominantes na definição da dinâmica da Terra desde que ela foi formada. As forças astronômicas são ditadas pela influência do Sol e pelo ciclo de Milankovitch

(excentricidade, obliquidade e precessão), por sua vez comandado pelo efeito gravitacional do Sol e de outros planetas sobre a Terra. As forças geofísicas são representadas por movimentos tectônicos, vulcanismo, intemperismo e erosão (BERGER *et al.*, 2016). Assim, o sistema Terra e sua dinâmica podem ser expressos em uma equação, nos seguintes termos (GAFFNEY; STEFFEN, 2017) (Equação 1):

$$dE/dt = f(A, G)$$

Onde dE significa movimento (mudança, dinâmica) entre um ponto e outro do espaço geográfico, dt significa o intervalo de tempo em que essa mudança ocorre (em outras palavras, dE/dt é a taxa de variação do estado do Sistema Terra com o tempo), f é função, A é a força astronômica e G a força geofísica.

Isso significa dizer que a “Dinâmica da Terra” no espaço e no tempo é uma função direta das forças astronômicas e geofísicas, isto é, é controlada por essas forças. Enquanto as forças astronômicas e geofísicas atuam, dando dinâmica e movimento à Terra, processos eventuais, normalmente ligados a uma esfera mais recente, a biosfera, podem também causar grandes mudanças no sistema Terra. Um exemplo é o associado com a produção de oxigênio por organismos enriquecendo a atmosfera.

Com efeito, a atmosfera primitiva não tinha oxigênio. O oxigênio na atmosfera só passou a existir há cerca de 2,5 Ga, quando cianobactérias marinhas desenvolveram a fotossíntese, retirando dióxido de carbono do ar e liberando oxigênio livre para a atmosfera. Tal fato alterou completamente a Terra. Criou a camada de ozônio, mudou o clima, produziu larga extinção de espécies anaeróbicas para as quais o oxigênio livre era tóxico, e permitiu o surgimento de novos seres vivos, que passaram a respirar oxigênio. Sem essa intervenção da biosfera, o homem enquanto espécie não existiria (KONHAUSER; PECOITS; LALONDE, 2009). Esse fenômeno não é marcado nem por forças geofísicas nem astronômicas, mas pela própria dinâmica interna da Terra, a partir da sua biosfera, que não existia no início da sua história natural.

Existem exemplos de outras situações em que a biosfera criou novos contextos na superfície da Terra, como o surgimento de animais no Neoproterozoico, mudando o conteúdo dos depósitos sedimentares (LENTON; WILLIAMS, 2013). Por essa razão, faz-se necessário agregar um novo item à fórmula anterior. Assim, temos a seguinte alteração na fórmula inicial (GAFFNEY; STEFFEN, 2017) (Equação 2):

$$dE/dt = f(A, G, I)$$

Sendo I a dinâmica interna, biológica, própria da Terra.

Alguns autores consideram que, sob o controle das condições astronômicas dominantes na atualidade, as condições ambientais que hoje existem no Holoceno - isto é, temperaturas amenas, de período interglacial - durariam por mais 50.000 mil anos, quando deveria ocorrer um novo período glacial (GANOPOLSKI; WINKELMAN; SCHELLNHUBER, 2016). No entanto, a força inteiramente nova no sistema Terra, que é a

atividade humana, está produzindo grandes mudanças. Ainda que a atividade humana seja um subsistema da dinâmica própria da Terra, a magnitude de ação dessa força é tão elevada que merece ser considerada separadamente no contexto da dinâmica interna da Terra. Assim, a fórmula do Antropoceno passa a ser a seguinte (GAFFNEY; STEFFEN, 2017) (Equação 3):

$$dE/dt = f(A, G, I, H)$$

Onde H é a força sociedade humana

A força sociedade humana, por sua vez, pode ser descrita assim:

$$H = f(P1, P2, T)$$

Onde P1 é a população. Para ser mais realista, a população de consumidores, já que a população age de forma diferente de acordo com o nível de renda, desenvolvimento econômico, condições de saúde etc.

P2 é a produção, considerada como a criação de bens e serviços para suprimir as necessidades do ser humano. Nesse ponto, entra a exploração dos recursos naturais.

T é a tecnosfera, que corresponde ao conjunto de estruturas físicas desenvolvidas pela raça humana – em outras palavras, o espaço construído, incluindo aí também o conhecimento e a cultura.

A análise do sistema Terra a partir da grande aceleração demonstra que existe o domínio admirável da força humana sobre os outros fatores da equação. Efetivamente, um dos maiores dilemas da humanidade no presente século é justamente como continuar o desenvolvimento da tecnosfera, de modo a levar seus benefícios a todos os povos, sem impactar de forma totalmente destrutiva o ecossistema do planeta.

Até agora, o modelo de desenvolvimento implementado tem se mostrado insustentável e excludente. Podemos afirmar que a força motriz da expansão da tecnosfera e da sociedade humana na atualidade obedece a duas lógicas principais: a cultura de consumo e a busca do lucro como premissa básica do desenvolvimento.

Isso vem, com efeito, produzindo grandes mudanças no sistema Terra. Diante desses fatos, verifica-se que a grande aceleração está atingindo um momento crítico. Imensos desafios confrontam hoje a humanidade, enquanto ela se encaminha para um crescente aumento de população, excessiva exploração dos recursos naturais e elevada deterioração ambiental.

Assim, é forçoso perceber que as forças astronômicas, geofísicas e próprias da dinâmica da Terra atuantes no Holoceno se aproximam do zero quando comparadas com o impacto da pressão humana no sistema Terra. Dessa forma, a equação, agora realmente denominada de “Equação do Antropoceno”, pode ser expressa da seguinte forma (GAFFNEY; STEFFEN, 2017) (Equação 4):

$$dE/dt = f(H) \\ A, G, I \rightarrow 0$$

A permanência da Terra nas condições interglaciais amenas do Holoceno requer que a dinâmica de mudança produzida por H (sociedade humana) retorne a um nível zero, ou no mínimo a níveis comparáveis às forçantes astronômica, geofísica e de dinâmica própria do sistema Terra (GAFFNEY; STEFFEN, 2017).

Para assegurar a viabilidade a longo termo de uma civilização global sustentável, a humanidade obrigatoriamente terá de reduzir rapidamente seu impacto no sistema Terra. O cenário alternativo significa a continuidade do crescimento dos impactos humanos, o que levaria a mudanças abruptas no sistema Terra, que poderão causar colapso societário, dramaticamente reduzindo a forçante humana e retornando o controle da dinâmica da Terra para as forçantes astronômicas, geofísicas e de dinâmica própria (GAFFNEY; STEFFEN, 2017).

Na verdade, a continuidade da pressão humana na Terra nos termos atuais e crescentes significa risco de uma saída brusca das condições naturais e climáticas existentes, de ocorrência de ciclo glacial-interglacial, tal qual vem ocorrendo no Quaternário Superior, para predomínio de aquecimento global, produzindo assim a sexta extinção em massa das espécies vivas, dentre as quais os seres humanos (GAFFNEY; STEFFEN, 2017).

Assim, percebe-se que a Equação do Antropoceno indica que não apenas a Terra sofre degradação intensa e tem extinção de espécies, ela também indica o fim da sociedade humana, como já aconteceu anteriormente com sociedades locais estruturadas (Maia, Incas) que chegaram ao apogeu. Esse é o quadro do Antropoceno na atualidade. E a geografia, como se posiciona em tal contexto?

2.3. A Geografia e o Antropoceno

Do conjunto das ciências da Terra, a Geografia foi a que primeiro abraçou a análise do impacto da sociedade humana na natureza. Isso foi um feito glorioso, que renovou a ciência. Bem mais tarde, quase uma década depois, é que na Geologia, Biologia, Química, aparecem preocupações efetivas com a preservação ambiental. A Geografia não apenas foi vanguarda, continua dando firme direção para a análise dos problemas ambientais na atualidade. Porém, está começando a pecar por duas grandes razões, a saber:

A primeira está associada com o fato da denúncia estar ainda se sobressaindo em relação à pesquisa científica, com pouca cientificidade e com ausência, em muitos casos, de alternativas para a conservação e, sobretudo, recuperação ambiental. A segunda, é que não está entendendo a urgência do Antropoceno. A Equação do Antropoceno indica que a espécie humana pode vir a entrar em colapso e desaparecer da superfície da Terra. A Geografia não está se ocupando desse fato, nem mesmo a título de denúncia.

Uma série de situações indica a urgência do Antropoceno para os geógrafos. Em condição privilegiada, citam-se as mudanças climáticas. No entanto, na Geografia, esse tema está sendo pouco abordado, ou tem sido mal discutido, com alguma exceção (e.g. LUZ; MARÇAL, 2016).

A Geografia, em especial a brasileira, deu uma grande contribuição aos aspectos urbanos das mudanças climáticas, ao tratar do sistema clima urbano, mostrando as alterações das

características do clima com o processo de urbanização (e.g. MONTEIRO; MENDONÇA, 2010). No entanto, poucos geógrafos vêm discutindo uma das maiores problemáticas da atualidade, que é o aquecimento global. E dentre os que discutem, a posição principal veiculada é a de serem contrários à ideia de ocorrência de aquecimento global.

Efetivamente, por razões que não são completamente claras, a grande maioria dos geógrafos físicos, em artigos, debates, pontos de vistas pessoais ou através do simples silêncio, é refratária à noção de aquecimento global. A expressão que usam para justificar esse fato é: somos céticos.

No entanto, não existe espaço para negacionismo. Dados de diversas agências, e não só o “Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas – IPCC”, fornecem dados mostrando que a presença de CO₂ na atmosfera é bastante acentuada, e causada por fatores antropogênicos. Existem hoje na atmosfera cerca de 410 ppm de CO₂, o que é muito superior à média geológica dos últimos 400 mil anos (WATERS *et al.*, 2016) (Figura 1).

A temperatura da superfície da Terra está aumentando, e já subiu 1,1 °C desde o século XIX, sobretudo em função da quantidade de CO₂ na atmosfera. Essa subida é muito mais acentuada nos últimos 35 anos (WATERS *et al.*, 2016). Os anos 2014, 2015 e 2016 foram os mais quentes sucessivamente registrados desde que os termômetros estão marcando as temperaturas mundiais (GILLIS, 2017), o que teve início em 1850 (BROHAN *et al.*, 2006).

O ano de 2019 seria, por outro lado, o segundo ano mais quente da história (NOAA, 2020). Com efeito, as calotas de gelo da Antártida e do Ártico estão encolhendo e as coberturas de neve estão reduzindo, o nível dos oceanos está subindo, os oceanos estão se aquecendo e se acidificando (MCCARTHY *et al.*, 2015). Os dados são expressivos e não deixam muitas margens à dúvidas no meio científico.

No geral, os profissionais que são contrários ao aquecimento global reproduzem pensamentos vagos e pouco comprovados, do tipo: “talvez exista aquecimento global, mas é natural, porque já vivenciamos muitas situações semelhantes ao longo da história da Terra”; “a natureza é grandiosa, não parece possível que o homem consiga alterar o sistema clima em nível global; altera em nível local ou regional, mas não global”. Ora, a realidade atual torna insustentável essas afirmativas.

Muitos geógrafos aceitam o aquecimento global, mas consideram que ele é natural. Isso se mostra profundamente equivocado. O aquecimento global de ordem natural ocorre normalmente por dois fatores: o primeiro é resultante do “Ciclo de Milankovitch”, e o segundo, as atividades solares.

O Ciclo de Milankovitch ocorre em intervalos de 100 ka a 140 ka, e produz glaciações e períodos interglaciais, como vem ocorrendo de maneira intensa sobretudo no Quaternário. Mas o aumento da temperatura resultante desse ciclo se faz lentamente ao longo do tempo geológico. Se não ocorrer nenhum elemento da dinâmica geofísica que mude esse quadro, os períodos de glaciação ocorrem por intervalos de 70, 80 ka, e os interglaciais, via de regra ocorrem por intervalos de 40 a 60 ka anos mil anos (MILANKOVITCH, 1941; LENTON; WILLIAMS, 2013). Nesses processos, a temperatura diminui ou aumenta progressivamente, o que se aplica tanto a resfriamentos quanto a aquecimentos.



Figura 1 - Curva do dióxido de carbono atmosférico antes e depois de 1950. Fonte: adaptado de IPCC (2018).

Estamos vivenciando um período interglacial natural, que começou com o fim da última glaciação há 12 ka, e as temperaturas já estão elevadas. As pesquisas mais recentes indicam que com baixa excentricidade e com grande concentração de gases do efeito estufa, esse interglacial deve durar mais, em torno de 50 ka (GANOPOLSKI; WINKELMAN; SCHELLNHUBER, 2016).

Porém, o aquecimento que ora estamos presenciando é muito mais agudo: nas cinco últimas décadas, a taxa de subida da temperatura passou a ser da ordem de 1,7 °C/século, 170 vezes mais do que a média do Holoceno e dez vezes mais rápido que a média dos períodos anteriores de aquecimento global natural de todo o Quaternário (CUI *et al.*, 2011; ZEEBE; RIDGWELL; ZACHOS, 2016) (Figura 2). Agora parece possível que as temperaturas previstas para o final do século sejam atingidas já em 2020 (IPCC, 2018). É uma subida muito rápida, que não encontra paralelo nos aquecimentos globais naturais.

Quanto às atividades solares, inúmeras pesquisas, dissociadas das que apontam para um aquecimento global antropogênico, mostram que a irradiância do sol está passando por diminuição nas últimas décadas, exatamente o oposto do que vem acontecendo com a temperatura da Terra (HATHAWAY, 2015). Esse fato é inclusive usado como argumento por alguns pesquisadores para indicar uma tendência a uma situação de resfriamento global, ao invés de aquecimento.

Um outro aspecto diz respeito a questões de escala. Com efeito, uma questão frequentemente utilizada é de que a sociedade teria o poder de alterar local e regionalmente, mas não globalmente. Porém, com os últimos dados acerca de situações climáticas gerais, essa premissa já está ultrapassada, pois já está comprovado que o local interfere diretamente na dinâmica global.

Os exemplos são os rios voadores da Amazônia, que produzem chuvas no centro-oeste, sudeste e sul do Brasil (e.g. NOBRE *et al.*, 2016), assim como as poeiras vindas do Saara que fertilizam a Amazônia (NASA, 2015) (Figura 3), e os furacões que atingem a América do Norte se formando a partir de massas quentes oriundas do Saara (NOAA, 2014) (Figura 4). Hoje, é difícil separar a dimensão local da global, os geossistemas inclusive já mostraram há muito tempo como é tudo agregado. Portanto, insistir nessa premissa é insistir no que já está ultrapassado.

Os negacionistas também dizem que o nível do mar não está subindo, mas países-ilhas do Pacífico, como as Ilhas Salomão, Palau, Kiribati, Seicheles, Maldivas, estão sendo engolidas pela ascensão do nível do mar, e já têm planos de remanejamento de suas populações para outros países (CLAUDINO-SALES, 2018).

Locais de planícies marinhas como Bangladesh, partes da Flórida e ilhas como Veneza também estão sofrendo com a subida do nível do mar, que deve atingir 60 cm a mais em relação à atualidade até 2100 (CLAUDINO-SALES, 2018). Em Miami já existem avenidas que ficam inundadas toda vez que a maré sobe, e animais marinhos aparecem nos estacionamentos de condomínios próximos da praia (HARRIS, 2013) (Figura 5). Assim, as considerações de que não existe subida do nível do mar não batem com a realidade que hoje se vive.

Outro argumento usado com frequência é que as águas dos oceanos não estão se aquecendo, e que ao contrário, estariam esfriando. Mas estamos presenciando a formação de furacões cada vez mais intensos, que já poderiam ser indicados pela categoria 6, se essa categoria existisse, o que só pode ocorrer se os oceanos estiverem se aquecendo. E os dados das boias instaladas no mundo todo mostram que, ao contrário do que os negacionistas informam, as temperaturas dos oceanos, apesar de oscilarem, na média têm um claro comportamento de subida (MCCARTHY, 2015).

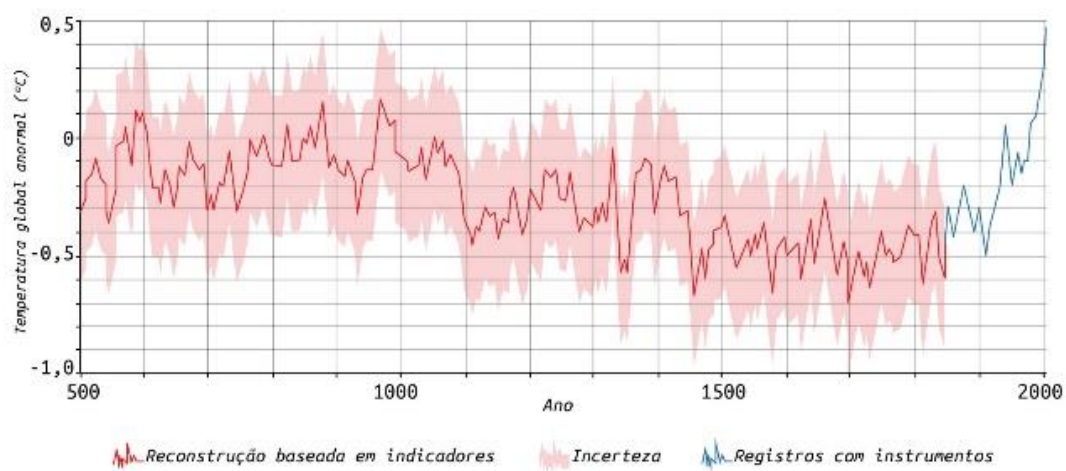


Figura 2 - Anomalias de temperatura nos últimos 1.500 anos. Fonte: adaptado de IPCC (2018).



Figura 3 - Poeiras oriundas do Saara atingindo a Amazônia brasileira. Fonte: NASA (2015).



Figura 4 - Massas quentes oriundas da África criando instabilidade climática e eventos de elevada magnitude como furacões. Fonte: NOAA's Office of Restoration and Response (2014).



Figura 5 - Presença de fauna marinha em estacionamentos de prédio litorâneos em Miami. Fonte: Richard Conlin, publicado no jornal Miami Herald em 14 de novembro de 2013.

Outro tipo de disfarce utilizado pelos negacionistas é a ideia de que o aquecimento global é usado pelos países ricos para impedir os países pobres de se desenvolverem. Isso também é antigo. Os países ricos estão sendo obrigados a mudarem sua matriz energética e a modificarem suas liberações de CO₂; países poluidores como a China estão investindo pesado em energia solar para atender aos ditames das convenções internacionais sobre clima.

Segundo alguns analistas, a convenção climática assinada em Paris em 2015 é ainda acanhada para atender as necessidades das mudanças de padrão de desenvolvimento econômico visando salvar a Terra do aquecimento global catastrófico, mas ainda assim, já está funcionando de alguma forma (ALAN, 2019; CLEMENÇON, 2016).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os geógrafos, em grande maioria, preferem se calar diante do contexto do aquecimento global, sob a alegação de que não fazem pesquisas específicas sobre o tema. Mas isso não pode se colocar como argumento: a geografia, como uma ciência que faz ponte entre outras ciências, está acostumada a usar os dados das ciências afins para crescer. Se não fazemos pesquisas específicas sobre aquecimento global, devemos seguir a ciência, devemos seguir aqueles que fazem isso. E os que o fazem indicam a existência de um aquecimento global galopante de origem antropogênica. Como também somos cientistas, devemos seguir o que a ciência diz. Não se trata de apoiar a unanimidade, trata-se de seguir a tendência da atualidade, resultante de muito trabalho de pesquisa.

Na verdade, os geógrafos não podem mais fugir dessa questão. Se as mudanças climáticas não forem controladas, elas se imporão, de forma profundamente deletéria, privando ainda mais pessoas de água, comida e moradia. Ela já se manifesta, e se manifestará de maneira muito mais forte, na forma de eventos severos como ondas de calor mortais, furacões intensos, tempestades extremamente agressivas, cheias, inundações e secas prolongadas e devastadoras, só para falar dos temas de interesse da Geografia. No momento atual, em que a realidade fala por si, com inúmeras catástrofes ligadas a eventos climáticos, não cabe mais discutir se existe aquecimento global, e sim discutir o que fazer diante disso.

Com isso, convidamos os geógrafos a assumirem o Antropoceno enquanto uma realidade da atualidade, para começarem a discutir e atuar nesse sentido. Uma vez considerando-se esses temas, os geógrafos devem começar a intervir no debate visando a substituição da matriz energética existente pautada nos combustíveis fósseis, por outras mais adequadas para a preservação do meio ambiente, visando uma mudança nos hábitos de consumo dos países ricos, bem como o controle do agronegócio, dentre outros elementos.

Precisamos voltar a atuar à frente dos problemas ambientais, como fizemos há uma década. A sociedade precisa do nosso olhar crítico, do olhar analítico dos geógrafos, e não podemos mais ficar parados em relação a essas questões.

4. REFERÊNCIAS

- Allan, J. I. Dangerous Incrementalism of the Paris Agreement. *Global Environmental Politics*, 19 (1):4-11, 2019.
- Barnosky, A. D. *et al.* Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature* 486: 52-58, 2012.
- Berger, A. *et al.* Interglacials of the last 800,000 years. *Reviews of Geophysics* 54(1): 11-14, 2016.
- Brohan, P.; Kennedy, J. J.; Harris, I.; Tett, S. F. B.; Jones, P. D. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111:D12106. doi:10.1029/2005JD006548, 2006.
- Canfield, D. E.; Glazer, A. N.; Falkowski, P. G. The evolution and future of Earth's nitrogen cycle. *Science* 330: 192-196, 2010.
- Ceballos, G. *et al.* Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1(5): e1400253, 2015.
- Claudino-Sales, V. *Coastal World Heritage Sites*. Amsterdam: Springer, 2018.
- Cléménçon, R. The Two Sides of the Paris Climate Agreement: Dismal Failure or Historic Breakthrough? *The Journal of Environment & Development*, 25 (1):3-24, 2016
- Colvile, R. *The Great Acceleration: how the world is getting faster and faster*. London: Bloomsbury, 2016.
- Crutzen, P. J. Geology of Mankind - The Anthropocene. *Nature* 415: 23, 2002.
- Cui, Y. *et al.* Slow release of fossil carbon during the Palaeocene-Eocene thermal maximum. *Nature Geoscience* 4(7): 481-485, 2011.
- Dust from Sahara fertilize Amazon. Nasa. 2015. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=ygulQJole2Y. Acesso em: 25 out. 2019.
- Hathaway, D. H. *The Solar Cycle*. Bern: Living Reviews in Solar Physics, 2015.
- Ganopolski, A.; Winkelmann, R.; Schellnhuber, H. J. Critical insolation -CO₂ relation for diagnosing past and future glacial inception. *Nature* 529: 200-203. doi:10.1038/nature16494, 2016.
- Gaffney, O.; Steffen, W. The Anthropocene equation. *The Anthropocene Review*, 4(1), 53-61. doi:10.1177/2053019616688022, 2017.
- Gillis, J. *Earth Sets a Temperature Record for the Third Straight Year*. New York Times. 18 jan. 2017. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2017/01/18/science/earth->

- [highest-temperature-record.html](#). Acessado em: 26 out. 2019.
- Hathaway, D.H. The solar cycle. *Living Reviews in Solar Physics* 12, 4, 2015.
- Harris, A. *Octopus in the parking garage is climate change's canary in a cool mine*. Miami Herald. Disponível em: <https://www.miamiherald.com/news/local/community/miami-dade/miami-beach/article115688508.html>. Acesso em: 25 out. 2019/20.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Stocker, T. F.; Qin, D.; Lattener, G. K. *et al.* (eds). *Climate Change 2013*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments*. 2018. https://www.ipcc.ch/news_and_events/pr_181008_P48_sp_m.shtml. Acessado em: 28 out. 2019.
- Konhauser, K. O.; Pecoits, E.; Lalonde, A. Oceanic nickel depletion and a methanogen famine before the great oxidation event. *Nature* 458(7239): 750-753. doi.org/10.1038/nature07858, 2009.
- Lenton, T. M.; Williams, H. T. P. On the origin of planetary-scale tipping points. *Trends in Ecology & Evolution* 28: 380-382, 2013.
- Luz, L. M.; Marçal, M. S. A perspectiva geográfica do Antropoceno. *Revista de Geografia* 33(2):143-16. 2016.
- Mccarthy, G. D. *et al.* Ocean impact on decadal Atlantic climate variability revealed by sea-level observations. *Nature* 521: 50-510. doi:10.1038/nature14491, 2015.
- McGregor, H. V. *et al.* Robust global ocean cooling trend for the pre-industrial common era. *Nature Geoscience* 8(9):671-677. doi.org/10.1038/ngeo2510, 2015.
- McNeill, J. R. *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*. Cambridge: Harvard University Press, 2014.
- Milankovitch, M. M. *Canon of Insolation and the Ice-Age Problem*. Belgrade: Koniglich Serbische Academie, 1941.
- Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2010.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Global Time Series. https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/globe/land_ocean/ann/9/1880-2020. Acesso 1 de novembro de 2020
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). What does the Sahara desert has to do with Hurricanes? Disponível em: <https://response.restoration.noaa.gov/about/media/what-does-sahara-desert-have-do-hurricanes.html>. Acesso em: 25 de outubro de 2020.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>. Acesso em 31 de outubro de 2020.
- Nobre, C. A.; Marengo, J. A.; Seluchi, M. E.; Cuartas, L. A.; Alves, L.; Alvez, L. M. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, 8:252-262, 2016.
- Rockström, J. *et al.* A safe operating space for humanity. *Nature* 461 (472-475), 2009, doi:10.1038/461472a.
- Steffen, W; Cruzen, P. J.; McNeill, J. R. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio* 36(8): 614-621, 2007.
- Waters, C. N. *et al.* The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* 351(6269): 137, 2016.
- Zeebe, R. E.; Ridgwell, A.; Zachos, J. C. Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. *Nature Geoscience* 9: 325-329. doi:10.1038/ngeo2681, 2016.

Recebido em: 20/08/2020

Aceito para publicação em: 30/11/2020