

## Artigo

## A Nova Idade Meghalayan: O que isso Significa para a Época do Antropoceno?

Silva, C. M.; Arbilla, G.;\* Soares, R.; Machado, W.

Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (6), 1648-1658. Data de publicação na Web: 7 de agosto de 2018

<http://rvq.sbq.org.br>

### The new Meghalayan Age: What does it imply for the Anthropocene Age?

**Abstract:** In July 2018, it was announced by the International Commission on Stratigraphy that the Executive Committee of the International Union of Geological Sciences has ratified the proposal that subdivides the Holocene Epoch into the Greenlandian (11,700 yr b2k), Northgrippian (8326 yr b2k), and Meghalayan (4200 yr before 1950) Ages or Stages, and that these stages correspond to the Lower, Middle and Upper Holocene subseries. In this communication the conceptual and stratigraphical differences between the Anthropocene and the Meghalayan Age and the consequences of the formal division of Holocene are discussed. In spite of the different opinions of scientists, there is a clear distinction between them: the Holocene subdivision (including the beginning of the newer Age, the Meghalayan) was defined considering natural climatic/environmental changes in which the humankind was not the driver but was subjected to them. The Anthropocene concept rests on the evidence of human impact on the environment as a geological force which can alter the biogeochemical equilibrium of the Earth System. Then, the Holocene and Anthropocene Working Groups considered that the Anthropocene definition would be benefit in a certain way, from the prior establishment of a formal framework of Holocene division using the concepts of natural environment.

**Keywords:** Late Holocene; Meghalayan; Anthropocene; Geological time scale.

### Resumo

Em de julho de 2018, foi anunciada pela Comissão Internacional de Estratigrafia a ratificação, pelo Comitê Executivo da União Internacional de Ciências Geológicas, da proposta de divisão da Época Holoceno em três Idades ou Estágios: Greenlandian (11.700 anos b2k, ou seja 11.700 anos antes de 2000 d.C.), Northgrippian (8.326 anos b2k), e Meghalayan (4.200 anos antes de 1950) que correspondem às subséries Holoceno precoce, médio e tardio. Em esta comunicação são discutidas as diferenças conceituais e estratigráficas entre o Antropoceno e a Idade Meghalayan e as consequências da formalização da divisão do Holoceno. Apesar de possíveis diferenças de opinião entre cientistas, existe uma clara distinção: a subdivisão do Holoceno (incluindo o início da mais nova Idade, a Meghalayan) foi definida por uma mudança climática/ambiental natural na qual o homem não foi condutor ou causa dessas modificações, mas, pelo contrário foi sujeito às mesmas. Já o conceito de Antropoceno está centrado na influência do homem sobre o ambiente como uma força geológica capaz de alterar o equilíbrio biogeoquímico do Sistema Terra. Assim, os Grupos de Trabalho do Holoceno e do Antropoceno consideraram que a definição de Antropoceno de alguma forma seria beneficiada com uma definição formal prévia de uma estrutura de divisão do Holoceno, empregando conceitos do ambiente natural.

**Palavras-chave:** Holoceno tardio; Meghalayan; Antropoceno; Escala de tempo geológico.

\* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Físico-Química, Instituto de Química, CEP 21941-909 Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

 [gracielaig@gmail.com](mailto:gracielaig@gmail.com)

DOI: [10.21577/1984-6835.20180112](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180112)

## A Nova Idade Meghalayan: O que isso Significa para a Época do Antropoceno?

Cleyton M. da Silva,<sup>a,b</sup> Graciela Arbilla,<sup>a,\*</sup> Ricardo Soares,<sup>c</sup> Wilson Machado<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Físico-Química, Instituto de Química, CEP 21941-909 Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Veiga de Almeida, Campus Maracanã, CEP 20271-020 Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

<sup>c</sup> Instituto Estadual do Ambiente, Avenida Venezuela 110, CEP 20081-312, Saúde, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

<sup>d</sup> Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geoquímica, Instituto de Química, Outeiro São João Batista, s/n, CEP 24020-141, Centro, Niterói-RJ, Brasil.

\* [gracielaiq@gmail.com](mailto:gracielaiq@gmail.com)

*Recebido em 6 de agosto de 2018. Aceito para publicação em 6 de agosto de 2018*

1. Introdução
2. A proposta do Grupo de Trabalho do Holoceno
3. A nova Idade Meghalayan e o Antropoceno
4. Conclusões

### 1. Introdução

Em julho de 2018, pouco mais de três meses após a publicação *on-line* (como artigo no prelo) da revisão “Antropoceno: os Desafios de um Novo Mundo” na Revista Virtual de Química,<sup>1</sup> foi anunciada pela Comissão Internacional de Estratigrafia (*International Commission on Stratigraphy - ICS*) a ratificação do Comitê Executivo da União Internacional de Ciências Geológicas (*International Union of Geological Sciences - IUGS*) da proposta pela qual a Época Holoceno (Série ou Época) seria dividida em três Idades ou Estágios: Greenlandian (11.700 anos b2k ou seja 11.700 anos antes de 2000 d.C.),

Northgrippian (8.326 anos b2k ou seja 8326 anos antes de 2000 d.C.), e Meghalayan (4200 anos antes de 1950), que correspondem as subséries Holoceno precoce, médio e tardio.<sup>2,3</sup> Esses termos ainda não têm tradução oficial para a língua portuguesa.

Quais são as implicações dessa decisão para a discussão do Antropoceno? De que forma, desde o ponto de vista da geologia, a ratificação do início da Idade Meghalayan pode influenciar na definição do início do Antropoceno? O objetivo desta breve comunicação é discutir as possíveis respostas a essas perguntas e identificar se conceitual e estratigraficamente a Idade Meghalayan e o Antropoceno são diferentes.

## 2. A proposta do Grupo de Trabalho do Holoceno

A história geológica da Terra é dividida em unidades dentro da Escala de Tempo Geológico Internacional (*International Geologic Time Scale*): Éon, Era, Períodos, Épocas, Idades.<sup>1</sup> Enquanto a idade da Terra é estimada em aproximadamente 4.600 Ma (milhões de anos), o Éon atual (Fanerozoico) se iniciou há aproximadamente 450 Ma e, dentro dele, a terceira e mais recente Era é a Cenozoica, iniciada há aproximadamente 66 Ma, após a extinção dos dinossauros, sendo chamada informalmente de “Era dos mamíferos”. A Era Cenozoica foi dividida em três períodos: Paleogeno, Neogeno e Quaternário. O Período atual (Quaternário), iniciado há 2,58 Ma, é dividido em duas épocas: Pleistoceno e Holoceno.<sup>2</sup> Este último sendo reconhecido como uma época em 2008.<sup>4</sup>

A divisão do Holoceno em três Idades está baseada no trabalho de Walker *et al.*<sup>5</sup> É importante mencionar que foi, também, o grupo do Professor Mike Walker (Universidade de Wales) que determinou formalmente o início do Holoceno utilizando os procedimentos e critérios estratigráficos convencionais recomendados pelo Guia Estratigráfico Internacional (*International Stratigraphic Guide*), ou seja determinando um indicador estratigráfico (*Global Boundary Stratotype Section and Point*, GSSP), o chamado “golden spike”.<sup>6,7</sup> Nesse caso, os registros de gelo coletados, a 1.492,45 m de profundidade na Groenlândia, o NGRIP2 (*North Greenland Ice Core Project 2*), permitiram estabelecer o fim da última era glacial em 11.700 b2k (11.700 anos antes de 2000 d.C.) anos, com um erro de apenas 99 anos.<sup>4,6</sup> A ratificação do início do Holoceno foi realizada pela IUGS em 2008.<sup>4</sup>

Durante o Holoceno não houve grandes mudanças climáticas ou mudanças ambientais sincrônicas e, até recentemente, não existia uma proposta de subdivisão formal baseada em evidências estratigráficas.<sup>4</sup> Porém, numerosos trabalhos científicos utilizavam a nomenclatura informal “*Early Holocene*”,

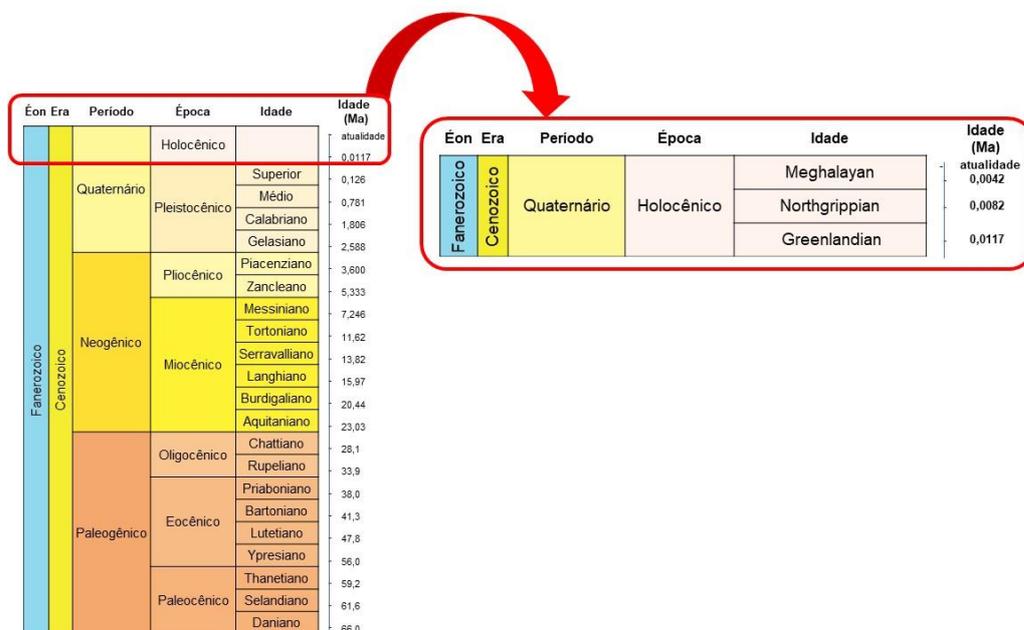
“*Mid* (ou *Middle*) *Holocene*” e “*Late Holocene*”, que em língua portuguesa seria Holoceno precoce, médio e tardio, respectivamente. Em 2010, a Subcomissão do Quaternário (*Subcommission on Quaternary Stratigraphy* - SQS) da Comissão Internacional de Estratigrafia (*International Commission on Stratigraphy* - ICS) convidou os grupos INTIMATE (*Integration of ice-core, marine and terrestrial records*) e INQUA (*International Focus Group*) para formar um grupo de trabalho sobre o Holoceno, com o objetivo de determinar se existia uma necessidade e uma base estratigráfica para dividir o Holoceno. As conclusões do grupo de trabalho foram publicadas em 2012 e submetidas para análise da SQS, ICS e IUGS.<sup>5</sup>

A divisão entre os dois primeiros estágios, também chamados de subséries ou sub-épocas) foi proposta como sendo ocorrida no denominado evento “8,2 ka antes do presente (AP)” (ou “evento 8,2”) que determinou o início de um período de resfriamento curto (aproximadamente 200 anos), claramente identificável nos sinais isotópicos dos testemunhos de gelos da Groenlândia e sedimentos do Atlântico Norte.<sup>8,9</sup> Foram encontrados registros em cavernas de Oman, Iêmen, China e Brasil, lagos da África e o Tibet, registros de pólen no Mediterrâneo e Sibéria e registros marinhos nos oceanos Pacífico e Atlântico Sul, entre outros locais o que o torna um evento global e, assim, um marcador sincrônico adequado.<sup>10</sup> Walker *et al.*,<sup>5</sup> concluíram que esse evento constituía um marcador estratigráfico de relevância e que o GSSP deveria ser localizado na Groenlândia, nos registros coletados no NGRIP1 (*North Greenland Ice Core Project 1*) a 1.228,67 m. O primeiro estágio foi chamado de Greenlandian porque os registros de gelo foram coletados na Groenlândia e o segundo estágio de Northgrippian em homenagem à expedição que coletou os registros.<sup>11</sup>

Os autores também propuseram a divisão entre o segundo e terceiro estágios no chamado evento “4,2 ka AP” (ou “evento 4,2”) e como marcador GSSP, os sinais isotópicos dos registros dos depósitos minerais na caverna Mawmluh em Meghalaya, no norte

da Índia (o que deu o nome ao terceiro estágio).<sup>5</sup> Segundo informado pela ICS,<sup>3</sup> os registros estão conservados na *Smithsonian Institution* (Washington, DC). Na Figura 1 são ilustradas as divisões dos últimos 66 Ma (Era

Cenozoica, no Eon Fanerozoico) e destacadas as novas idades, tal como aparecem na Tabela Cronoestratigráfica Internacional de julho de 2018.<sup>2</sup>



**Figura 1.** Divisões dos últimos 66 Ma (Era Cenozoica, no Éon Fanerozoico) e novas divisões da Época Holoceno nas Idades Greenlandian (11,700 anos b2k, ou 11.700 anos antes de 2000 DC), Northgrippian (8326 anos b2k ou 11.700 anos antes de 2000 DC), e Meghalayan (4200 anos antes de 1950). As cores indicadas na figura são as utilizadas na Tabela Cronoestratigráfica Internacional. Fonte: Tabela Cronoestratigráfica Internacional<sup>2</sup>

O evento 4,2 se manifestou em registros geomorfológicos, estratigráficos e arqueológicos em diversas partes do mundo, no período de 4,0 a 4,2 ka AP.<sup>12</sup> Existem registros de secas em regiões tropicais e subtropicais da África e América do Sul,<sup>13</sup> na América do Norte,<sup>14,15</sup> no Mediterrâneo e Oriente Médio.<sup>16,17</sup> Na China aconteceram condições extremas de seca e inundações e uma diminuição das chuvas monçônicas na costa asiática, existindo registros geológicos, por exemplo, no sul da China (Dongge Cave) e na caverna Mawmluh no norte da Índia.<sup>18-20</sup> O evento também se manifestou com a diminuição da temperatura em diversas regiões do Planeta, como as latitudes intermediárias e altas dos dois Hemisférios.<sup>21,22</sup>

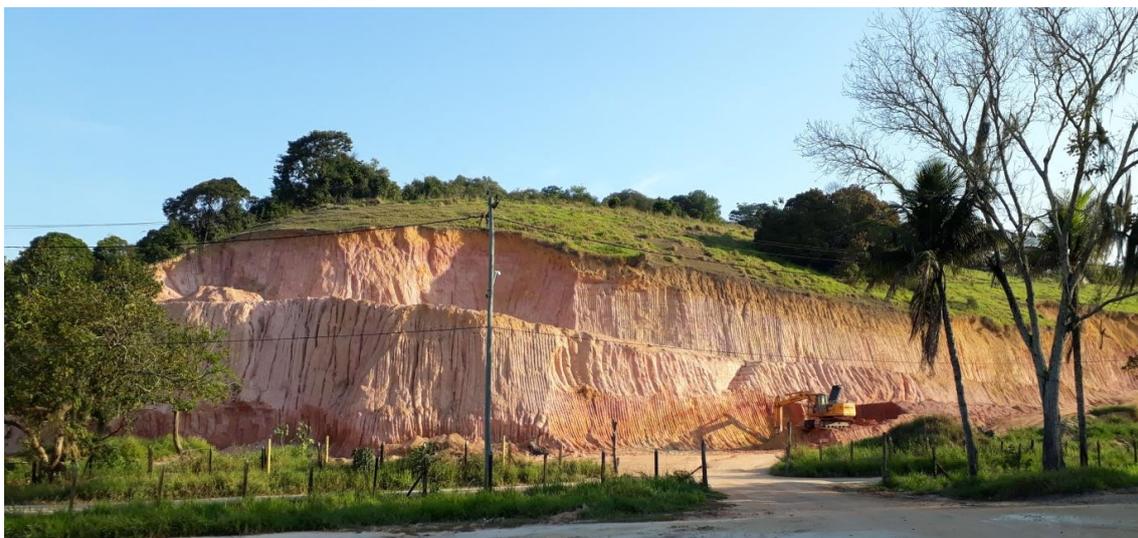
Uma característica importante desse evento foi sua influência e efeitos nas comunidades humanas do norte da África, Oriente Médio e Ásia, existindo evidências que foi determinante no colapso de grandes civilizações como o império Acadiano na Mesopotâmia e o Antigo Império Egípcio, que sofreu secas nas nascentes do rio Nilo levando à fome e revolta da população.<sup>23,24</sup> Também, são atribuídas a este evento o abandono de cidades e a transformação de sociedades urbanas em nômades na Índia, Iraque, Síria, Palestina e China.<sup>25-27</sup>

### 3. A nova Idade Meghalayan e o Antropoceno

Antes do advento da agricultura, no início do Holoceno, os seres humanos viviam em pequenos grupos de caçadores. A agricultura se inicia há aproximadamente 8000 anos e a irrigação há aproximadamente 5000 anos, no Holoceno médio (Idade Northgrippian).<sup>28</sup> A idade Meghalayan (Holoceno tardio), recentemente ratificada como uma nova unidade na Tabela Estratigráfica, se inicia em um tempo em que as sociedades agrícolas experimentaram o impacto da seca e o resfriamento global que levaram ao colapso de civilizações e migrações no Egito, Grécia, Síria, Palestina, Mesopotâmia e Índia. Segundo foi destacado por vários pesquisadores membros da IUGS a convergência dos registros estratigráficos e a

evolução cultural e social humana se constituem em um evento único e de extraordinária importância.

Quais são as implicações dessa decisão para a discussão do Antropoceno? O conceito de Antropoceno (a “Época dos Humanos”),<sup>1,29-31</sup> enfatiza o papel central do homem na modificação e equilíbrio da Terra e uma modificação da relação entre a espécie humana e o meio ambiente, através de mudanças climáticas influenciadas pela ação humana, introdução no ambiente continental e marinho de materiais (como plásticos, concreto e alumínio), fertilizantes (que têm incrementado as concentrações de fósforo e nitrogênio), poluentes derivados de atividades de mineração (que têm modificado também o ambiente físico como ilustrado na Figura 2) e radioisótopos derivados de testes nucleares (que têm deixado marcas nos sedimentos e no gelo).



**Figura 2.** Exemplo de modificação irreversível da paisagem pelo homem, devido à extração mineral de argila e areia. Foto obtida em área licenciada sob vegetação nativa de Mata Atlântica (Magé, Rio de Janeiro)

Silva e Arbilla revisaram detalhadamente a maioria das propostas sobre o início do Antropoceno e sua caracterização como um novo tempo desde o ponto de vista geológico.<sup>1</sup> As diversas propostas têm sido discutidas pelo Grupo de Trabalho do Antropoceno desde 2009 e as principais

conclusões e recomendações foram apresentadas no 35º Congresso Geológico Internacional, na África do Sul, em 2016 e compiladas em um artigo publicado em 2017.<sup>32</sup>

Como destacado por Walker *et al.*,<sup>5</sup> existe uma clara distinção entre as duas iniciativas: a

subdivisão do Holoceno e o início da mais nova Idade (Meghalayan) foi demarcada por uma mudança climática e ambiental natural na qual o homem não foi condutor ou causa dessas modificações, mas, pelo contrário foi sujeito às mesmas. Já o conceito de Antropoceno está centrado na influência do homem sobre o ambiente. Assim, o Grupo de Trabalho do Holoceno considerou que a definição de Antropoceno de alguma forma seria beneficiada com uma definição formal dos contextos e critérios do Holoceno acima de conceitos do ambiente natural.

Por outro lado, a definição do início da última Idade do Holoceno muito após o desenvolvimento da agricultura, descarta a hipótese de um Antropoceno “precoce”, associado ao início da agricultura há 5000-8000 anos, como um marcador da influência do homem sobre a Terra.<sup>30</sup> Essa proposta formalizada por Ruddiman,<sup>33</sup> está fundamentada no aumento nas concentrações de CO<sub>2</sub> (aproximadamente a partir de 8.000 anos atrás) e de CH<sub>4</sub> (a partir de 5.000 anos atrás) e a modificação da paisagem, especialmente por desflorestamento. Contudo, essa hipótese tem sido contestada por outros autores porque em uma escala global sincrônica, a influência do homem na litosfera, hidrosfera, atmosfera e criosfera, foi pequena no início e meio do Holoceno.<sup>28</sup>

É importante notar que as definições referidas ao Antropoceno têm implicações que vão além da geologia e sobrepõem outros aspectos como relações sociais, políticas e econômicas.<sup>33-35</sup> Por exemplo, a definição do início do Antropoceno relacionada a eventos como a extinção da megafauna ou o início da agricultura,<sup>33,37</sup> de alguma forma reconhecem a influência da humanidade de uma forma na qual é impossível responsabilizar a sociedade atual. Já a escolha de eventos como a Revolução Industrial ou o desenvolvimento da energia nuclear estabelecem responsabilidades históricas, políticas e

econômicas em determinados países ou sociedades. Como discutido em um editorial da revista *Nature* em 2011,<sup>38</sup> o reconhecimento formal do Antropoceno como uma unidade na escala de tempo geológico não tem precedentes, já que as evidências geológicas de seu início estão começando a ser registradas, e irá constituir uma base para considerar as mudanças globais e como enfrentá-las desde um ponto de vista interdisciplinar. Será um reconhecimento formal de que, como sugere o nome Antropoceno, é a espécie humana que tem a responsabilidade do destino do meio ambiente do Planeta.

Lewis e Maslin discutiram, em 2015,<sup>28</sup> as diversas propostas para o início do Antropoceno. Na Tabela 1 são apresentadas as ditas principais propostas, junto com as evidências geológicas sincrônicas, um marcador claro que possa ser utilizado como *golden spike* e outros registros estratigráficos auxiliares, tal como foi discutido no caso do Holoceno e suas divisões.

Após a publicação das conclusões do Grupo de Trabalho do Antropoceno em 2017,<sup>32</sup> ficou claro que, mesmo não sendo um consenso absoluto, a maioria da comunidade científica reconhece que o Antropoceno, inicialmente proposto como um conceito amplo relacionado a parâmetros das ciências naturais e sociais, deve ser formalizado porque existem evidências estratigráficas globais suficientes de mudanças irreversíveis. Na época da elaboração dessas conclusões, o Grupo de Trabalho do Holoceno já tinha apresentado sua proposta à Subcomissão Internacional de Estratigrafia do Quaternário, com a subdivisão do Holoceno nas três idades (inclusive com os nomes finalmente ratificados).<sup>39</sup> O Grupo de Trabalho do Quaternário recomendou por ampla maioria que o Antropoceno fosse reconhecido como uma Época, posterior ao Holoceno, tal como apresentado na Figura 3, e que seu início fosse determinado usando um GSSP (*golden spike*).

**Tabela 1.** Alguns possíveis eventos marcadores do início do Antropoceno

Evento	Data	Extensão geográfica	Marcador estratigráfico	Possível data (GSSP)	Outros registros auxiliares
<b>Extinção da megafauna</b>	50.000-10.000 anos AP	Quase global	Fósseis da megafauna	Nenhuma. Evento diacrônico por aproximadamente 40.000 anos	Depósitos lacustres de carvão
<b>Início da agricultura</b>	Aproximadamente 11.000 anos AP	Sudoeste da Ásia e outros locais	Fósseis de pólen e fitólitos	Nenhuma. Evento diacrônico por aproximadamente 5.000 anos	Fósseis de pólen, fitólitos e carvão
<b>Agricultura extensiva</b>	Aproximadamente 8.000 anos AP até o presente	Eurásia, com impacto global	Acréscimo nas concentrações de CO <sub>2</sub> nos registros de gelo	Nenhuma possível de ser indicada	Fósseis de pólen, fitólitos, carvão e cerâmica
<b>Produção de arroz</b>	Aproximadamente 6.500 anos AP até o presente	Sudeste da Ásia, com impacto global	Acréscimo nas concentrações de CH <sub>4</sub> nos registros de gelo	Mínimo das concentrações de CH <sub>4</sub> em 5.020 anos AP	Instrumentos de pedra, fósseis de animais domesticados
<b>Solos antropogênicos</b>	Aproximadamente 3.000-500 anos AP	Eventos locais com impacto global, mas distribuídos no Planeta	Matéria orgânica nos solos	Nenhum. Evento diacrônico não preservado	Fósseis de pólen
<b>“Colisão” entre as civilizações (Novo e Velho Continentes)</b>	1492-1800	Eurásia e América, com impacto global	Diminuição das concentrações de CO <sub>2</sub> nos registros de gelo	Mínimo das concentrações de CO <sub>2</sub> em 1.600	Fósseis de pólen, fitólitos e carvão, concentrações de CH <sub>4</sub> , isótopos de oxigênio em cavernas
<b>Revolução Industrial</b>	1760 até o presente	Início no norte da Europa ocidental, com impacto local. Em expansão ao resto do mundo	Cinzas pela queima de carvão	Aproximadamente 1900. Diacrônico por 200 anos	Isótopos de nitrogênio e composição de sedimentos em lagos
<b>Uso da energia nuclear</b>	1945 até o presente	Eventos locais com impacto global	Radionuclídeos (isótopos de carbono)	1964 máximos níveis dos radionuclídeos	Plutônio-239
<b>Novos materiais persistentes</b>	1950 até o presente	Eventos locais com impacto global	Aumento das concentrações de SF <sub>6</sub> em registros de gelo	Evento muito recentes para uma datação precisa	Cimento, plásticos, fibras sintéticas e outros novos materiais

Fonte: Adaptado de Maslin e Lewis.<sup>28</sup>

Éon	Era	Período	Época	Idade	Idade (Ma)
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Antropoceno	A definir	atualidade metade do século XX
			Holocênico	Meghalayan	0,0042
				Northgrippian	0,0082
				Greenlandian	0,0117

**Figura 3.** Proposta do Grupo de Trabalho do Antropoceno para a inclusão do Antropoceno no Período Quaternário como uma Época. A Figura inclui a recente divisão da Época Holoceno nas Idades Greenlandian, Northgrippian e Meghalayan. As cores indicadas na figura são as utilizadas na Tabela Cronoestratigráfica Internacional. Fonte: Adaptado de Zalasiewicz *et al.*<sup>32</sup>

A data escolhida para o início, assim como o marcador a ser utilizado, como esperado, não foram um consenso, mas todos rechaçaram a proposta de estar relacionado à extinção da megafauna ou o início da agricultura e à irrigação, 3,7 % considerou que deveria ser um evento datado há aproximadamente 3000 anos e 80 % dos cientistas consideraram que deveria ser em torno do ano 1950. O Grupo reconheceu o impacto da humanidade sobre a superfície terrestre em períodos anteriores à segunda metade do século XX, mas considerou que o impacto foi pequeno e localizado, especialmente pela menor densidade de população e o menor consumo de energia, além de ser em escala regional, diacrônico e predominantemente nos solos, sem grande influência nos oceanos. Vale a pena mencionar que o ano de 1950 é considerado o início da Grande Aceleração, determinada pelo crescimento exponencial de uma série de parâmetros socioeconômicos e ambientais, atingindo níveis além das variações consideradas típicas para o Holoceno, especialmente as concentrações de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e óxidos de nitrogênio, fluxos de fósforo e nitrogênio e extinção das espécies.<sup>31</sup> A escolha de um marcador suscitou, e ainda suscita, uma discussão mais profunda. Aproximadamente um terço dos pesquisadores consideraram que o decaimento do plutônio seria o marcador mais apropriado, mas outros como plásticos, tecnofósseis e as concentrações de CO<sub>2</sub> foram propostos. Essa questão ainda precisa ser mais discutida, mas na prática ao localizar um marcador estratigráfico é utilizado um conjunto de evidências relacionadas cronologicamente com o GSSP.

Assim a formalização das divisões do Holoceno considerando eventos relacionados a forças naturais e usando um marcador GSSP e o conjunto de evidências a nível global dos eventos 8,2 e 4,2 obtidas em torno dessas datas, parece reforçar a ideia de que o início do Antropoceno deverá ser situado em um evento a partir da Revolução Industrial usando um *golden spike* e evidências coletadas no resto do planeta. A decisão da IUGS de utilizar marcadores sincrônicos e globais sugere que o

início do Antropoceno deverá ser escolhido em um evento de impacto global,<sup>3</sup> sendo assim os melhores candidatos o início dos testes nucleares e a Grande Aceleração, episódios aproximadamente coincidentes no tempo.

Contudo, tanto a divisão do Holoceno como o reconhecimento formal do Antropoceno como um novo tempo na escala geológica geram, ainda, discussões na comunidade científica internacional.<sup>11</sup> Um dia após o anúncio pela ICS, Ruddiman publicou um novo artigo defendendo a ideia de que o Antropoceno não seja reconhecido formalmente e que o termo seja usado de forma mais flexível para indicar um período muito mais amplo que se inicia com as primeiras intervenções do homem no equilíbrio do planeta: a extinção dos grandes mamíferos, a introdução da agricultura e a perda da vegetação natural.<sup>40</sup>

Todas as propostas, tanto a formalização do Antropoceno como o reconhecimento informal e flexível desse novo tempo, reconhecem a influência do homem no equilíbrio biogeoquímico do Sistema Terra. À luz das publicações dos Grupos de Trabalho do Holoceno e do Antropoceno, não resta dúvida que para o reconhecimento formal do Antropoceno deverão ser seguidos procedimentos e critérios formais que necessariamente passam por obter evidências sincrônicas e rastreáveis de eventos globais e que envolvem pesquisas de pelo menos uma década.<sup>7</sup>

Como mencionado pelo professor Zalaziewicz, coordenador do Grupo de Trabalho do Antropoceno, as subdivisões do Holoceno não impactam as decisões com respeito ao reconhecimento do Antropoceno (e ele mesmo, como membro da Subcomissão do Quaternário, votou a favor), já que considera que os eventos climáticos que determinaram as divisões do Holoceno tiveram um impacto menor que as mudanças que levaram à proposta do Antropoceno como Época.<sup>11</sup> Uma opinião em claro acordo com a de Mike Walker, coordenador do Grupo de Trabalho do Holoceno.<sup>4</sup>

## 4. Conclusões

A divisão do Holoceno em três Idades é considerada um importante logro da IUGS e, em particular da Comissão Internacional de Estratigrafia. A proposta foi estudada e analisada profundamente durante anos por um grupo de pesquisadores liderados pelo Professor Mike Walker e posteriormente aprovada pela Subcomissão Internacional de Estratigrafia do Quaternário, pela ICS e ratificada pela IUGS. A proposta aprovada está em inteiro acordo com o documento gerado em 2012 pelo Grupo de Trabalho do Holoceno pelo qual todas as evidências estratigráficas usadas correspondem a eventos naturais que aconteceram antes de qualquer modificação significativa da Terra pelo homem.

Assim, existe uma expectativa razoável de que futuramente a Subcomissão Internacional de Estratigrafia do Quaternário venha aprovar as propostas do Grupo de Trabalho do Antropoceno, considerando que os eventos que deram origem à nova Época do Antropoceno aconteceram aproximadamente em 1950 e recomendando a utilização do plutônio-239 como indicador estratigráfico (*golden spike*). Dessa forma se preservaria a ideia original do Holoceno como uma Época na qual as mudanças foram devidas a fatores físicos, ambientais e climáticos, e a ideia do Antropoceno como uma nova Época onde o homem se converte em uma força geológica capaz de mudar os equilíbrios biogeoquímicos do planeta.

### Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Silva, C. M.; Arbilla, G. Antropoceno: os Desafio de um Novo Mundo. *Revista Virtual de Química* **2018**. No prelo [Link]
- <sup>2</sup> International Commission on Stratigraphy. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-news-and-meetings/120-ics-chart-containing-the-quadernary-gssps-and-new-stages-v-2018-07-is-now-released>. Acesso em: 25 julho 2018.
- <sup>3</sup> International Commission on Stratigraphy. Disponível em: <http://stratigraphy.org/index.php/ics-news-and-meetings/119-collapse-of-civilizations-worldwide-defines-youngest-unit-of-the-geologic-time-scale>. Acesso em: 25 julho 2018.
- <sup>4</sup> Walker, M.; Johnsen, S.; Rasmussen, S. O.; Popp, T.; Steffensen, J.-P.; Gibbard, P.; Hoek, W.; Lowe, J.; Andrew, J.; Björck, S.; Cwynar, L. C.; Hughen, K.; Kershaw, P.; Kromer, B.; Litt, T.; Lowe, D. J.; Nakagawa, T.; Newnham, R.; Schwander, J. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science* **2009**, *24*, 3. [CrossRef]
- <sup>5</sup> Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy) M. J. C. Walker, M. Berkelhammer, S. Björck, L. C. Cwynar, D. A. Fisher, A. J. Long, J. J. Lowe, R. M. Newnham, S. O. Rasmussen, H. Weiss First published: 30 agosto 2012. [CrossRef]
- <sup>6</sup> Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission on Stratigraphy. GSSP Table. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/GSSP/GSSPTable2015-01.pdf>. Acesso em: 25 julho 2018.
- <sup>7</sup> International Commission on Stratigraphy. Stratigraphic Guide. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-stratigraphicguide>. Acesso em: 25 julho 2018.
- <sup>8</sup> Alley, R. B.; Ágústssdóttir, A.M. The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change. *Quaternary Science Reviews* **2005**, *24*, 1123. [CrossRef]
- <sup>9</sup> Alley, R. B.; Mayewski, P.; Sowers, T.; Stuiver, M.; Taylor, K. C.; Clark, P. U. 1997. Holocene climatic instability: a prominent widespread event 8200 yr ago. *Geology* **1997**, *25*, 483. [CrossRef]
- <sup>10</sup> Rohling, E.; Pälike, H. Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8,200 years ago. *Nature* **2005**, *434*, 975. [CrossRef]

- <sup>11</sup> Meyer, R. Geology's Timekeepers are Feuding. *The Atlantic. Science*. July 20, 2018. Disponível em: <https://www.theatlantic.com/science/archive/2018/07/anthropocene-holocene-geology-drama/565628/>. Acesso em: 25 julho 2018.
- <sup>12</sup> Weiss, H.; Manning, S. W.; Ristvet, L.; Mori, L.; Besonen, M.; Mccarthy, A.; Quenet, P.; Smith, A.; Bahrani, Z. Tell Leilan Akkadian imperialization, collapse, and short-lived reoccupation defined by high resolution radiocarbon dating. In Weiss H, (ed.) *Seven Generations since the Fall of Akkad*. 2012 Harrassowitz Verlag, Wiesbaden. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.664.4320&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 25 julho 2018.
- <sup>13</sup> Marchant, R.; Hooghiemstra, H. Rapid environmental change in African and South American tropics around 4000 years before present: a review. *Earth Science Reviews* **2004**, *66*, 217. [CrossRef]
- <sup>14</sup> Dean, W. Rates, timing, and cyclicity of Holocene eolian activity in north-central United States: evidence from varved lake sediments. *Geology* **1997**, *25*, 331. [CrossRef]
- <sup>15</sup> Booth, R. K.; Jackson, S. T.; Forman, S. L.; Kutzbach, J. E.; Bettis III, E. A.; Kreig, J.; Wright, K. A severe centennial-scale drought in mid-continental North America 4200 years ago and apparent global linkages. *The Holocene* **2005**, *15*, 321. [CrossRef]
- <sup>16</sup> Roberts, N.; Eastwood, W.J.; Kuzucuoglu, C. Climatic, vegetation and cultural changes in the eastern Mediterranean during the mid-Holocene environmental transition. *The Holocene* **2011**, *21*, 147. [CrossRef]
- <sup>17</sup> Bar Matthews, M.; Ayalon, A.; Kaufman, A. Late Quaternary paleoclimate in the eastern Mediterranean region from stable isotope analysis of speleothems at Soreq Cave, Israel. *Quaternary Research* **1997**, *46*, 155. [CrossRef]
- <sup>18</sup> Huang, C. C.; Pang, J.; Zha, X.; Su, H.; Jia, Y. Extraordinary floods related to the climate event at 4200 a BP on the Qishuihe River, middle reaches of the Yellow River, China. *Quaternary Science Reviews* **2011**, *30*, 460. [CrossRef]
- <sup>19</sup> Wang, Y.; Cheng, H.; Edwards, R. L, He, Y.; Kong, Z. A.; Wu, J.; Kelly, M. J.; Dykoski, C. A.; Li, X. The Holocene Asian monsoon: links to solar changes and North Atlantic climate. *Science* **2005**, *308*, 854. [CrossRef]
- <sup>20</sup> Berkelhammer, M. B.; Sinha, A.; Stott, L.; Cheng, H.; Pausata, F. S. R.; Yoshimura, K. 2012. An abrupt shift in the Indian Monsoon 4000 years ago. *Geophysical Monograph Series* **2012**, *198*, 75 [CrossRef]
- <sup>21</sup> Larsen, D. J.; Miller, G. H.; Geirsdóttir, Á.; Olafsdóttir, S. Non-linear Holocene climate evolution in the North Atlantic: a high-resolution, multi-proxy record of glacier activity and environmental change from Hvitárvatn, central Iceland. *Quaternary Science Reviews* **2012**, *39*, 125. [CrossRef]
- <sup>22</sup> Masson-Delmotte, V.; Stenni, B.; Jouzel, J. Common millennial-scale variability of Antarctic and Southern Ocean temperatures during the past 5000 years reconstructed from the EPICA Dome C ice core. *The Holocene* **2004**, *14*, 145. [CrossRef]
- <sup>23</sup> Weiss, H.; Courty, M.-A.; Wetterstrom, W.; Guichard, F.; Senior, L.; Meadow, R'; Curnow, A. The genesis and collapse of Third Millennium North Mesopotamian Civilization. *Science* **1993**, *261*, 995. [CrossRef]
- <sup>24</sup> Stanley, J-D.; Krom, M. D.; Cliff, R. A.; Woodward, J. C. Nile flow failure at the end of the Old Kingdom, Egypt: strontium isotope and petrologic evidence. *Geoarchaeology* **2003**, *18*, 395. [CrossRef]
- <sup>25</sup> Liu, F.; Feng, Z. A dramatic climatic transition at ~4000 cal. yr BP and its cultural responses in Chinese cultural domains. *The Holocene* **2012**, *22*, 1181. [CrossRef]
- <sup>26</sup> Liu, F.; Zhang, Y.; Zhaodang, F.; Hou, G.; Zhou, Q.; Zhang, H. The impacts of climate change on the Neolithic cultures of Gansu-Qinghai region during the late Holocene Megathermal. *Journal of Geographical Sciences* **2010**, *20*, 417. [CrossRef]

- <sup>27</sup> Weiss, H. *Altered trajectories: the Intermediate Bronze Age in Syria and Lebanon 2200-1900 BCE*. In Killebrew A, Steiner M (eds) *Oxford Handbook of the Archaeology of the Levant*. Oxford University Press: Oxford, 2012.
- <sup>28</sup> Lewis, S. L.; Maslin, M. A. Defining the Anthropocene. *Nature* **2015**, *519*, 171. [CrossRef]
- <sup>29</sup> Crutzen, P. J.; Stoermer, E. F. The Anthropocene. *Global Change Newsletter* **2000**, *41*, 17. [Link]
- <sup>30</sup> Crutzen, P. J. Geology of mankind. *Nature* **2002**, *415*, 23. [CrossRef]
- <sup>31</sup> Steffen, W.; Broadgate, W.; Deutsch, L.; Gaffney, O.; Ludwig, C. The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration. *The Anthropocene Review* **2015**, *2*, 81. [CrossRef]
- <sup>32</sup> Zalasiewicz, J.; Waters, C. N.; Summerhayes, C. P.; Wolfe, A. P.; Barnosky, A. D.; Cearreta, A.; Crutzen, P.; Ellis, E.; Fairchild, I. J.; Galuszka, A.; Haff, P.; Hajdas, I.; Head, M. J.; Ivar do Sul, J. A.; Jeandel, C.; Leinfelder, R.; McNeill, J. R.; Neal, C.; Odada, E.; Oreskes, N.; Steffen, W.; Syvitski, J.; Vidas, D.; Wagreich, M.; Williams, M. The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene* **2017**, *19*, 55. [CrossRef]
- <sup>33</sup> Ruddiman, W. F. The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago. *Climatic Change* **2003**, *61*, 261. [CrossRef]
- <sup>34</sup> Steffen, W.; Grinevald, J.; Crutzen, P.; McNeill, J. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society* **2011**, *369*, 842. [CrossRef]
- <sup>35</sup> Franchini, M.; Viola, E.; Barros-Platiau, A. F. The challenges of the Anthropocene: From international environmental politics to global governances. *Ambiente & Sociedade* **2017**, *20*, 177. [CrossRef]
- <sup>36</sup> Trischler, H. The Anthropocene. A Challenge for the History of Science, Technology, and the Environment. *NTM* **2016**, *24*, 309. [CrossRef]
- <sup>37</sup> Koch, P. L.; Barnosky, A. D. Late Quaternary Extinctions: State of the Debate. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **2006**, *37*, 215. [CrossRef]
- <sup>38</sup> Editorial. The human epoch. *Nature* **2011**, *473*, 254. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/473254a.pdf>. Acesso em: 25 julho 2018.
- <sup>39</sup> Nota: Walker, M.J.C., Berkelhammer, M., Björck, S., Cheng H., Cwynar, L.C., Fisher, D.L., Gkinis, V., Long, A.J., Lowe, J.J., Newnham, R.M., Rasmussen, S.O., Weiss, H., 2016. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: Three Proposals by a Working Group of Members of INTIMATE (Integration of Ice-core, Marine and Terrestrial Records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy. Proposta não publicada submetida à ICS Subcommittee on Quaternary Stratigraphy. A informação citada no presente texto está apresentada na Figura 1 da referência 29.
- <sup>40</sup> Ruddiman, W. F. Three flaws in defining a formal "Anthropocene". *Progress in Physical Geography* **2018**, first published 13 julho 2018 [CrossRef]