

# Titã em iminência de FÚRIA

Reconstituição das variações da Corrente Circumpolar Antártica (ACC) no passado indicam que o sistema, crucial para o clima, deverá acelerar devido ao aquecimento global, com impactos negativos para o continente mais frio da Terra

» PALOMA OLIVETO

Como um titã, ela move 100 vezes mais água do que todos os rios da Terra, mede 2 mil quilômetros no seu ponto mais largo e se estende até o fundo do mar. Com essa potência, a Corrente Circumpolar Antártica (ACC) é crucial na circulação oceânica global e influencia a troca de calor e CO<sub>2</sub> com a atmosfera. Porém, o aquecimento do planeta coloca em risco a estabilidade desse sistema, com consequências para o clima da Antártida.

Um estudo divulgado ontem na revista *Nature* mostra que, se os padrões de aquecimento continuarem, o Oceano Antártico armazenará menos CO<sub>2</sub>, abrindo caminho para altas temperaturas no continente gelado, o mais meridional do planeta.

Para chegar a essa conclusão, um grupo de pesquisadores liderados pelo Instituto Alfred Wegener, na Alemanha, e pelo Observatório Terrestre Lamont-Doherty, nos Estados Unidos, usou sedimentos retirados do Pacífico Sul e reconstruiu a velocidade do fluxo da ACC nos últimos 5,3 milhões de anos. Os dados mostram que, nos períodos glaciais, a corrente abrandou, acelerando quando o clima estava mais quente.

No passado, o sistema de correntes oceânicas esteve sujeito a flutuações naturais muito fortes, como revelaram análises recentes de núcleos de sedimentos. As fases mais frias no Plioceno e no Pleistoceno, durante as quais a ACC desacelerou, coincidem com os avanços do manto de gelo da Antártida Ocidental. Nas épocas mais quentes, porém, com a aceleração da corrente, houve recuo das camadas geladas.

## Transporte

“Essa perda de gelo pode ser atribuída ao aumento do transporte de calor para o sul”, disse, em um comunicado, Frank Lamy, pesquisador da Divisão de Geologia Marinha do Instituto Alfred Wegener e primeiro autor do estudo. “Uma ACC mais forte significa que mais águas profundas e quentes atingem a borda da plataforma de gelo da Antártida.”

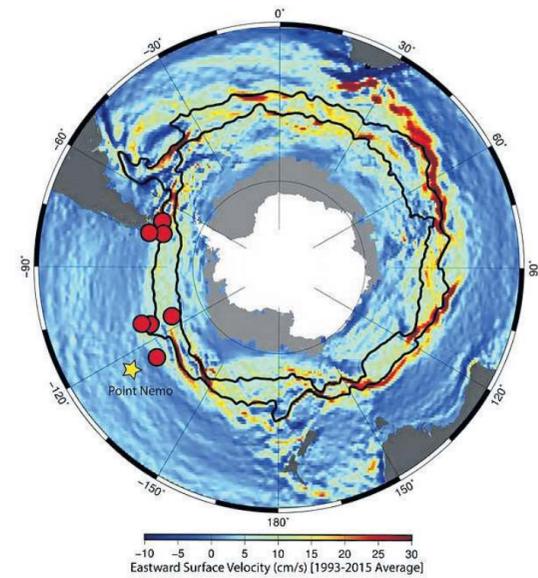
Lamy explicou que a ACC tem uma grande influência na distribuição de calor e no armazenamento de CO<sub>2</sub> no oceano. “Até recentemente, não estava claro como a corrente responde às flutuações climáticas e se as alterações na ACC compensavam ou amplificavam os efeitos do aquecimento”, disse.

O cientista alega que, para melhorar as previsões do clima

Bill Crawford/Divulgação



Em 2019, cientistas a bordo do navio Joides Resolution retiraram sedimentos profundos do Oceano Antártico para estudar as flutuações sofridas ao longo de três períodos geológicos



Eastward Surface Velocity (cm/s) (1993-2015 Average)

futuro e da estabilidade do manto de gelo da Antártida usando simulações de computador, são necessários dados do passado, que revelem como o sistema se comportou nas fases mais quentes da história da Terra.

Em 2019, uma expedição internacional liderada por Lamy e pela geoquímica Gisela Winckler, do Observatório Terrestre Lamont-Doherty, aventurou-se no centro do Pacífico Sul a bordo do navio de perfuração Joides Resolution. Lá, na zona subantártica, a equipe extraiu sedimentos a uma profundidade de 3,6 mil metros.

## Ponto Nemo

“Os locais de perfuração ficam nas proximidades do Ponto Nemo, o ponto da Terra mais

distante de qualquer massa terrestre ou ilha, onde a ACC flui sem qualquer influência das massas continentais”, explica Helge Arz, geólogo marinho do Instituto Leibniz e um dos principais autores do estudo. “Usando os depósitos de sedimentos dessa região, podemos reconstruir a velocidade média do fluxo no passado.”

Os núcleos de sedimentos datam de 5,3 milhões de anos e abrangem três épocas. Primeiro, o Plioceno, quando o clima foi até 3°C mais quente do que hoje, e a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> era semelhante à atual. Depois, o Pleistoceno, iniciado há 2,6 milhões de anos e caracterizado pela alternância de eras glaciais e interglaciais (essas últimas mais quentes). Por fim, o

## Para saber mais

### Papel vital

Como uma corrente circular que flui no sentido horário ao redor da Antártida, a Corrente Circumpolar Antártica (ACC) conecta os oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. Assim, desempenha um papel fundamental na circulação oceânica global e, por meio da correia transportadora atlântica, influencia o clima.

Impulsionado pelos poderosos ventos de oeste da zona subantártica e pelas diferenças de temperatura e salinidade entre as regiões subtropicais e o Oceano Antártico, a ACC forma uma barreira para as águas superficiais quentes das regiões subtropicais em seu caminho para a Antártida.

Ao mesmo tempo, águas profundas comparativamente quentes do Atlântico e do Pacífico fluem para ela. Grandes giros oceânicos que se formam na ACC e vagam para o sul, juntamente com a ressurgência de águas profundas, transportam calor para as plataformas de gelo na margem continental, especialmente no setor Pacífico da Antártida.

A ressurgência produzida pela ACC traz nutrientes para a superfície, o que impulsiona o crescimento de algas, ao mesmo tempo que amplifica a exportação de carbono biológico para o mar profundo no processo — mas também o transporte de CO<sub>2</sub>, que é liberado para a atmosfera.

Holoceno, mais aquecido e que começou há cerca de 12 mil anos, prolongando-se até hoje.

Com base nas camadas dos núcleos, que correspondem às diferentes épocas, os cientistas analisaram a distribuição do tamanho das partículas de sedimentos, que se depositam de forma diferente no fundo do mar, dependendo da velocidade do fluxo da água. Isso permitiu traçar a evolução da ACC desde o início do Plioceno, quando começou um arrefecimento prolongado do clima.

As descobertas mostram que, até três milhões de anos atrás, no Plioceno, a ACC acelerou pela primeira vez, à medida que a Terra arrefeceu gradualmente. Isso aconteceu devido a um crescente gradiente

de temperatura entre o Equador e a Antártida, que produziu fortes ventos de oeste — o principal motor do sistema de correntes. Apesar do resfriamento prolongado, a ACC começou a desacelerar. “A mudança ocorreu num momento em que o clima e a circulação na atmosfera e no oceano sofreram grandes mudanças”, diz Frank Lamy.

## Arrefecimento

Há 2,7 milhões de anos, no fim do Plioceno, vastas extensões do Hemisfério Norte estavam cobertas de gelo, e as camadas de gelo da Antártida se expandiram. “A causa foram mudanças nas correntes oceânicas, desencadeadas por processos tectônicos, juntamente com um arrefecimento a longo prazo do oceano e uma

## » Desperdício de alimentos

A humanidade desperdiçou, por dia, o equivalente a 1 bilhão de refeições em 2022, segundo um estudo divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). Isso representa, aproximadamente, quase um quinto de tudo o que é produzido em um mundo onde mais de 800 milhões passam fome. O desperdício de alimentos produz cinco vezes mais emissões de CO<sub>2</sub> do que o setor da aviação e requer grandes áreas de terra onde são cultivados alimentos que não são consumidos. Restaurantes, refeitórios e hotéis foram responsáveis por 28% do total de desperdício de alimentos em 2022, enquanto o comércio varejista, como açougues e mercearias, descartou 12%. Os maiores culpados foram os lares, que representaram 60%, cerca de 631 milhões de toneladas.

diminuição dos níveis atmosféricos de CO<sub>2</sub>”, esclarece Lamy.

No últimos 800 mil anos, quando os níveis atmosféricos de CO<sub>2</sub> variaram entre 170 e 300 ppm (partes por milhão), os pesquisadores identificaram uma robusta ligação entre a força da ACC e os ciclos glaciais. Nos períodos mais quentes, quando mais dióxido de carbono era liberado, a velocidade do fluxo aumentou em até 80%, comparado à atual. Já nas eras glaciais, diminuiu 50%.

Ao mesmo tempo, durante as transições entre interglaciais e glaciais, houve uma mudança na posição da ACC e, portanto, na ressurgência de águas profundas ricas em nutrientes no Oceano Antártico. “Uma corrente mais fraca e níveis mais baixos de CO<sub>2</sub> atmosférico durante as eras glaciais do Pleistoceno indicam mais armazenamento de dióxido de carbono”, diz Gisela Winckler, do Observatório Terrestre Lamont-Doherty. Com base nas flutuações naturais do passado da Corrente Circumpolar Antártica, os pesquisadores concluíram que, devido às alterações climáticas provocadas, hoje, pela atividade humana, a ACC poderá se fortalecer no futuro. “Isso poderia impactar o equilíbrio de CO<sub>2</sub> do Oceano Antártico e levar ao derretimento acelerado do gelo da Antártida”, adverte Winckler.

# Provocando inundações

A ocorrência de inundações aumenta à medida que o planeta aquece, com previsões drásticas, segundo modelos climáticos. Para compreender melhor como fatores individuais — temperatura do ar, umidade do solo, profundidade da neve e precipitação diária — contribuem para o fenômeno, pesquisadores do Centro Helmholtz de Pesquisa Ambiental, na Alemanha, estudaram mais de 3,5 mil bacias hidrográficas, incluindo no Brasil, e analisaram eventos entre 1981 e 2020 para cada uma delas.

O resultado, publicado em um artigo da revista *Science Advances*, mostra que a precipitação foi o único fator determinante em apenas cerca de 25% das quase 125 mil cheias.

A umidade do solo foi decisiva em pouco mais de 10% dos casos, e o derretimento da neve e a temperatura do ar em 3%.

Em contrapartida, 51,6% dos casos foram causados por pelo menos dois fatores. A combinação de precipitação e umidade do solo ocorreu com mais frequência: por volta de 23% das ocorrências. Três ou mesmo os quatro fatores juntos foram decisivos em 5 mil inundações estudadas. “Também mostramos que os eventos de inundação se tornam mais extremos quando mais fatores estão envolvidos”, diz Jakob Zscheischler, autor sênior do artigo.

No caso de cheias anuais, 51,6% podem ser atribuídos a vários fatores; no caso de cheias de

cinco e dez anos, 70,1% e 71,3%, respectivamente, podem ser atribuídos a vários fatores. Quanto mais extrema for uma inundação, mais fatores determinantes existirão e maior será a probabilidade de eles interagirem na geração do evento. Esta correlação aplica-se frequentemente também a bacias hidrográficas individuais e é referida como complexidade das cheias.

## Amazonas

Segundo os pesquisadores, na região da bacia Amazônica, a elevada umidade do solo resultante da estação chuvosa é muitas vezes uma das principais causas de inundações graves. Já as localizadas no norte da Europa e

da América, costumam ter baixa complexidade de inundação.

A complexidade dos processos de inundação em uma bacia hidrográfica também depende do clima e das condições da superfície terrestre. Em regiões mais secas, os mecanismos que levam ao fenômeno tendem a ser mais heterogêneos. “Para cheias moderadas, apenas alguns dias de chuvas fortes são normalmente suficientes. Para inundações extremas, é necessário que chova durante mais tempo em solos já úmidos”, diz o artigo.

Os cientistas esperam que as descobertas ajudem a prever futuras inundações. “O nosso estudo nos ajuda a estimar melhor aquelas particularmente extremas”, diz Zscheischler. (PO)

André Künzelmann/Divulgação



Alemanha registrou grandes inundações na região de Halle, em 2013