

cosmologia

Os tamanhos do mundo

Reprodução

O maremoto que fez dezenas de milhares de mortos e devastou a Ásia colocou a humanidade diante de um fenômeno ao mesmo tempo gigantesco e insignificante

Verônica **Bercht** e José Carlos **Ruy**

As enormes ondas que varreram o litoral de onze países do sudeste da Ásia em 26 de dezembro do ano passado, causaram mais de 280 mil mortes – numa contabilidade que permanecia aberta um mês depois –, além de estragos calculados em bilhões de dólares. A tragédia foi gerada no fundo do mar, a noroeste da ilha de Sumatra, Indonésia, local onde está a fronteira entre três pedaços da crosta terrestre – as grandes placas Indo-australiana e Eurasiana e uma de suas lascas, a microplaca de Burma – que se empurram de modo imperceptível no dia-a-dia dos seres humanos. E, por vezes emperram e acumulam tensões que, quando liberadas, se manifestam sob a forma de terremotos que podem ser violentos como o do dia seguinte ao Natal, de 9 graus na escala Richter, o segundo mais forte dos últimos cem anos. A onda que o abalo gerou no oceano viajou milhares de quilômetros, causando mortes e danos inclusive no leste da África.

Por aí se tem uma idéia da quantidade de energia envolvida no evento. Mas a verdadeira dimen-

são de sua potência é mais bem percebida se o fenômeno for visto em uma escala de tempo. O *tsunami* resultou daquele terremoto provocado por uma fratura de 1.250 quilômetros de extensão das placas tectônicas no fundo do mar que, em alguns minutos, se deslocaram por dez metros, mudando o mapa (as ilhas indonésias de Andaman e Nicobar foram deslocadas cerca de 20 metros de seus lugares anteriores), a inclinação do próprio eixo da Terra (que teve uma pequena alteração) e a duração do dia terrestre.

Séculos em segundos O movimento das placas da crosta tem registros que remontam a 750 milhões de anos atrás. Os atuais 16 grandes pedaços em que se fragmentou a fina casca rochosa terrestre desde então navegam sobre o manto pastoso e quente do interior com velocidades da ordem de centímetros por ano. Quando emperram e escorregam, acomodam-se de supetão em segundos, como ocorreu em 26 dezembro; foi o mesmo que acelerar o tempo fazendo passar séculos em alguns

segundos. É comparável ao sumô, a luta japonesa em que os contendores se empurram, até que um cai. É também como o chacoalhão de um ônibus que arranca bruscamente e joga os passageiros no chão. Em escala planetária, o resultado é o que se viu.

Mas, na história da Terra, no entanto, isso é normal. O planeta evoluiu em uma sucessão de catástrofes dessa ordem de grandeza ou muito maior. Nascida como uma bola de escombros cósmicos que começaram a se juntar quase ao mesmo tempo em que uma grande nuvem de gás e poeira se contraía para formar o Sistema Solar há 4,6 bilhões de anos, a Terra se aqueceu sob sua própria pressão e pelo intenso bombardeio de meteoritos, até virar uma bolha de rocha e metais derretidos. Os elementos mais pesados afundaram em direção ao núcleo; os mais leves flutuaram e se resfriaram, formando a crosta rochosa. Gases expelidos no processo criaram a atmosfera antiga, enquanto a água expulsa das rochas formou os oceanos.

Hoje, bilhões de anos depois, o



A cerca de 900 quilômetros da superfície a influência da gravidade gerada pela massa da Terra, uma bola de 12.750 quilômetros de diâmetro, praticamente se anula e as raras moléculas de gases atmosféricos escapam para o espaço. A partir dali o campo gravitacional do Sol, que está a 150 milhões de quilômetros do nosso planeta, passa a predominar.

núcleo terrestre permanece quente quanto a superfície do Sol. Seu calor remexe o manto e escapa pelas rachaduras que separam os pedaços de chão e fundo de mar. Na escala de uma vida humana – ou mesmo de muitas gerações – isso pode significar quase nada. Na escala planetária, a Terra é um ser de meia-idade que, embora venha esfriando natural-

mente, terá um final quente: muito antes de concluídos os outros quatro ou cinco bilhões de anos que lhe restam, terá sua atmosfera finalmente varrida pelo sopro de partículas do vento solar. A essa altura será uma esfera fria e seca à espera de um final tórrido.

Insignificante, porém enorme
Nessa perspectiva, o terremoto submarino de dezembro é um estalido insignificante, embora tenha sido um enorme em escala humana. Mas, contraditoriamente, uma das conseqüências da acidentada trajetória terrestre, plena de catástrofes, foi, paradoxalmente, o fenômeno da vida, de grandiosa fragilidade. Mais espécies foram criadas e extintas do que todas as que hoje compartilham a superfície da crosta terrestre, um invólucro quase tão fino quanto a casca de um ovo é para a clara e a gema.

As alterações ambientais – e que têm relação com a atividade geológica – sofridas pelo planeta têm sido enormes e contribuem para a renovação das espécies que o habitam. Das dezenas de episódios de extinção em massa que se tem notícia, o maior deles ocorreu no final do Permiano (298 a 250 milhões de anos atrás), quando os oceanos se retraíram expondo vastas áreas continentais. Além disso, o intenso vulcanismo com grande emissão de gases tóxicos para a atmosfera e mudanças na quantidade de oxigênio disponível no oceano teriam provocado a extinção de 90% das espécies marinhas, 70% dos gêneros de vertebrados terrestres e a maioria das plantas. Esse extermínio – um evento abrupto na escala geológica – ocorreu em um intervalo de tempo de 500 a 8 mil anos. Sobreviveram apenas os organismos



640 km
Órbita do Telescópio Espacial Hubble

EXOSFERA
500 km
Órbita dos ônibus espaciais

Termosfera Entre 90 a 300 km de altitude a temperatura sobe de 90°C negativos para 1.500°C. No topo dessa camada, a temperatura atinge 2.000°C.

100 km
Mesosfera
50 km
Estratosfera
Troposfera

Máquina mutante

Nascida como uma bola de escombros cósmicos que começaram a se juntar quase ao mesmo tempo em que uma grande nuvem de gás e poeira se contraía para formar o Sistema Solar há 4,6 bilhões de anos, a Terra se aqueceu sob sua própria pressão e pelo intenso bombardeio de meteoritos até virar uma bolha de rocha e metais derretidos. Os elementos mais pesados – principalmente ferro e níquel – afundaram em direção ao núcleo; os mais leves flutuaram e se resfriaram para formar uma crosta rochosa com 3 a 70 quilômetros de espessura, quase tão fina quanto a casca de um ovo está para a clara e a gema. Gases expelidos no processo criaram a atmosfera antiga, enquanto a água expulsa das rochas formou os oceanos. Cerca de 4,5 bilhão de anos depois, o núcleo de ferro e níquel permanece tão quente quanto a superfície do Sol. Seu calor remexe um manto pastoso abaixo da casca quebradiça e tenta escapar pelas rachaduras que separam os 16 grandes pedaços de chão e fundo de mar compartilhados pelos seres vivos.





Fora do sistema solar, as dimensões são muito maiores. E mesmo a Via Láctea (à esquerda) que tem cem anos luz de diâmetro e dezesseis mil anos luz de espessura é apenas um ponto numa esquina do universo (à direita)

que, por pura sorte, tinham características que possibilitaram a vida no novo ambiente. O curso da evolução foi desviado inesperadamente, embora as calamidades de extinção em massa não tenham levado a vida de volta a um ponto de partida inicial.

A percepção de que a Terra é um corpo em plena atividade não é recente. Já em 1596 o holandês Abraham Ortelius, que desenhava mapas, havia sugerido que a Europa, a América e a África estariam se afastando, movidas por terremotos, uma hipótese que só foi levada a sério depois de 1912, quando o pesquisador alemão Alfred Lothar Wegener formulou a tese da Pangea, o supercontinente que existiu há uns 220 milhões de anos e que, rachando, deu origem aos atuais continentes.

Rocha sólida As placas tectônicas se desenvolveram já na época da formação da Terra. Uma placa tectônica, ou placa litosférica (a palavra tectônica deriva do termo grego para construção, arquitetura; *litos*, outra expressão grega, significa pedra, rocha) é um pedaço de rocha sólida de formato irregular, geralmente composta por litosfera continental e oceânica, cujo tamanho pode variar muito, de poucas centenas a milhares de quilômetros. As placas Pacífica e Antártica estão entre as maiores.

A crosta continental é composta

de rochas graníticas feitas de minerais relativamente leves como o quartzo e o feldspato, enquanto a crosta oceânica é composta por rochas basálticas muito mais densas e pesadas. Por isso, a placa oceânica pode deslizar para baixo de outra, usualmente uma mais leve, como a maior parte das placas continentais, e eventualmente desaparecer, dissolvendo-se na massa aquecida que forma o manto.

Abaixo das placas, numa certa profundidade, o manto é parcialmente derretido e pode flutuar, apesar de lentamente, reagindo a forças aplicadas por um longo período de tempo, que pode ser medido em milhões de anos. Os cientistas acreditam que a rocha derretida move-se sob as placas de forma circular, como água fervendo. A massa aquecida sobe para a superfície, se espalha e esfria, retornando ao fundo, onde se aquece novamente e sobe outra vez. Um processo que é movido pelo calor que há no interior da Terra, derivado da atividade atômica que lá continua a ocorrer (numa fornalha nuclear semelhante à das estrelas e do Sol, embora em menor escala) e do calor residual mantido desde a formação do nosso planeta.

A tensão entre as placas faz parte da formação dos continentes e oceanos como os conhecemos hoje. O que as move, em seu afastamento ou aproximação – depende da placa e do sentido de seu

movimento – é a atividade que ocorre nas fraturas existentes no fundo dos oceanos, onde o material derretido do interior da Terra emerge constantemente e, resfriando, gera a crosta mais jovem que empurra a mais antiga. Tudo isso numa velocidade perto da qual uma tartaruga parece um carro de Fórmula 1: no Atlântico, as placas se movem a cerca de 2,5 cm por ano, em média, ou 25 quilômetros em um milhão de anos. Processo que, nos últimos 100 a 200 milhões de anos, transformou um pequeno filete de água entre os continentes da Europa, África e Américas, no vasto Atlântico de hoje.

Embora esta atividade ocorra praticamente sob nossos pés, ela passa despercebida no dia-a-dia, e só damos conta dela quando ocorrem eventos da magnitude daquele de dezembro. E que foi apenas a manifestação externa e visível desse movimento complexo e permanente da Terra. O terremoto foi a consequência de tensões acumuladas por dois séculos entre a placa indiana e a microplaca de Burma, local onde a velocidade do movimento é alta para os padrões geológicos – cerca de 6 centímetros por ano, ou 60 quilômetros em um milhão de anos.

Medidas do mundo Aquele movimento não foi um acidente, mas mostra que a Terra continua ativa. Ele assombrou pelas mortes que provocou e pelas mudanças físicas, embora mínimas, no planeta. Visto em escala astronômica, o *tsunami* e suas causas mais profundas ajudam a compreender as medidas do mundo. Um evento dessas dimensões, mesmo sem vítimas, sempre provocará perplexidade nos homens devido à sua escala. Ele contraria a experiência imediata de todos – que inclui, por exemplo, a sensação de que a Terra é fixa e parada e de que o tempo está limitado às poucas dezenas de milhares de anos da existência da humanidade.

A Terra, na verdade, é uma pequena parte do conjunto formado pelo Sistema Solar, cujas dimensões são enormes – a luz do Sol leva 8



650 milhões de anos atrás
Emerge Rodínia, o supercontinente



514 milhões de anos atrás Gondwana segue para o Sul



390 milhões de anos atrás Os continentes ancestrais



237 milhões de anos atrás Todos juntos no Pangeia

Cerca de 300 milhões de anos atrás, Gondwana e placas continentais menores ao norte se juntaram para formar um único supercontinente – Pangeia – que se estendia de pólo a pólo.



65 milhões de anos atrás
O mundo acaba para os dinossauros



18 mil anos atrás Da Era do Gelo até hoje

minutos para chegar até a Terra, 43 minutos para alcançar Júpiter e cerca de 7 horas para passar pela órbita de Plutão, nos limites da influência da nossa estrela.

São, no entanto, dimensões modestas. Nossa vizinha mais próxima é Alfa Centauro, um conjunto complexo de três estrelas cuja luz leva 4,3 anos para chegar até nós (o que não é pouco: em cada ano a luz percorre cerca de 9,5 trilhões quilômetros, medida conhecida como ano-luz). É como se fosse nossa esquina dentro de um pequeno quarteirão no conjunto maior formado pela Via Láctea (da qual o Sistema Solar e Alfa Centauro fazem parte), uma imensa espiral de estrelas com 100 mil anos-luz de diâmetro e 16 mil anos-luz de espessura (o Sistema Solar está a 25 mil anos-luz de seu centro).

O Sol orbita o centro de nossa galáxia a uma velocidade de 280 quilômetros por segundo, completando uma volta a cada 255 milhões de anos. No dia-a-dia, ninguém diria que a Terra, o Sol e planetas viajam tão rápido – nessa velocidade, um avião levaria 27 segundos para ir de São Paulo a Nova York. Mas, mesmo nessa velocidade, em toda sua existência o Sol fez apenas 20 voltas em torno do centro longínquo da galáxia.

Poucas galáxias Até o começo do século 20, a Via Láctea era considerada pelos astrônomos como todo o Universo. Mas não é – des-

cobriu-se depois que ela faz parte de um sistema ainda maior, que os cientistas chamam de Grupo Local, formado por cerca de 30 galáxias vizinhas, que viajam juntas em torno de um centro ainda mais distante. É um conjunto com diâmetro de 4 milhões de anos-luz e que também gira em torno de outro centro. Suas galáxias são a Via Láctea e Andrômeda, espirais gigantes ante as quais as demais são consideradas anãs. Apesar de estar a mais de 2 milhões de anos-luz da Terra, Andrômeda pode ser vista facilmente a olho nu.

A Via Láctea e nosso Grupo Local são considerados “pobres” do ponto de vista do número de galáxias que contêm. Fazem parte daquilo que os astrônomos chamam de Superaglomerado de aglomerados de galáxias, com 150 milhões de anos-luz de diâmetro, e que tem no centro o aglomerado de Virgem, formado por milhares de galáxias – e que, mesmo assim, tem menos de 1% do tamanho estimado do Universo conhecido, com seus cerca de 14 bilhões de anos-luz. Esse é o limite do espaço acessível aos instrumentos que o homem conseguiu produzir para investigar o cosmo. Sinais vindos de regiões mais distantes ainda não chegaram até nós. São luzes visíveis e invisíveis que vão percorrer distâncias que não podem, ainda, sequer ser calculadas. E que podem, um dia, ser alcançadas pelo campo de visão humana. ■

Crusta em movimento

O arranjo dos fragmentos da crosta começou a tomar sua forma atual há 750 milhões de anos, quando emergiu um supercontinente chamado Rodínia. Sob pressão do magma, cem milhões de anos depois essa placa estaria dividida em outro supercontinente, Gondwana, e placas menores que dariam forma ao que viria ser a Sibéria, o Báltico, a Groenlândia e a América do Sul. Centímetro a centímetro, os fragmentos da crosta navegam então sobre o magma e colidem uns com os outros. Por vezes se empernam e estacionam acumulando tensões gigantes. Quando escorregam de repente, acomodam-se em apenas alguns minutos fazendo tremer o mundo acima deles. Foi o que ocorreu no fundo do Oceano Índico dia 26 de dezembro de 2004, perto da tripla fronteira entre as placas Indiana, Australiana e Eurasiana. O movimento da crosta em baixo do mar produziu as ondas gigantes que mataram mais de 200 mil pessoas.