

Terremotos e logaritmos. Entenda uma aplicação da matemática nas ciências

Os valores da tão conhecida escala de Richter são obtidos por meio de uma função logarítmica, modelada a partir de gráficos.

Um tremor de magnitude 6,9 graus na escala Richter ocorreu no estado norte-americano do Havaí próximo à região do vulcão Kilauea, que está em erupção. Após o tremor cerca de 14 mil pessoas ficaram sem luz. Por causa da erupção as autoridades ordenaram que 1700 moradores abandonassem suas casas e recomendaram que 10 mil pessoas procurassem abrigo. Não há informações sobre feridos. O terremoto é o maior que ocorreu no Havaí desde 1975, quando houve um tremor de magnitude 7,1.



Construções destruídas na cidade de Valdivia no Chile em 1960 logo após o terremoto que marcou 9,5 graus na escala de Richter, o mais intenso já registrado. Fonte: www.lanco.cl/site/archivos/49012

Terremotos acontecem todos os dias no mundo. São causados por atrito entre placas tectônicas. A maioria deles não são sentidos pelo ser humano, outros causam danos físicos e sociais em locais que se localizam próximos a algum encontro dessas placas. Alguns exemplos de terremotos mais intensos são o do Chile em 1960 com 9.5 graus na escala Richter (o mais intenso já registrado), o da Indonésia em 2004 com 9.1 graus de magnitude e o do Japão em 2011 com 9,0 graus. Alguns terremotos podem ser seguidos de tsunamis, os quais ainda podem atingir outros países. Após o terremoto do Chile de 1960, um tsunami atingiu o Havaí, o Japão e as Filipinas. Por outro lado, os terremotos mais brandos e mais frequentes não passam de 4,0 graus de magnitude.

Veremos a seguir como medimos esses valores (qual instrumento utilizamos e como calculamos) e aprenderemos a interpretar matematicamente o cálculo da magnitude dos tremores. Ainda veremos um quadro com a classificação dos sismos de acordo com a sua magnitude e os efeitos gerados.

Medindo os tremores

Como encontramos esses valores para medir a intensidade de um terremoto? Precisamos, primeiramente, de um instrumento de detecção de tremores, que é o sismógrafo. Quando ocorre a vibração, o sismógrafo desenha um gráfico de ondas chamado sismograma e é a partir dele que calculamos a magnitude do sismo.

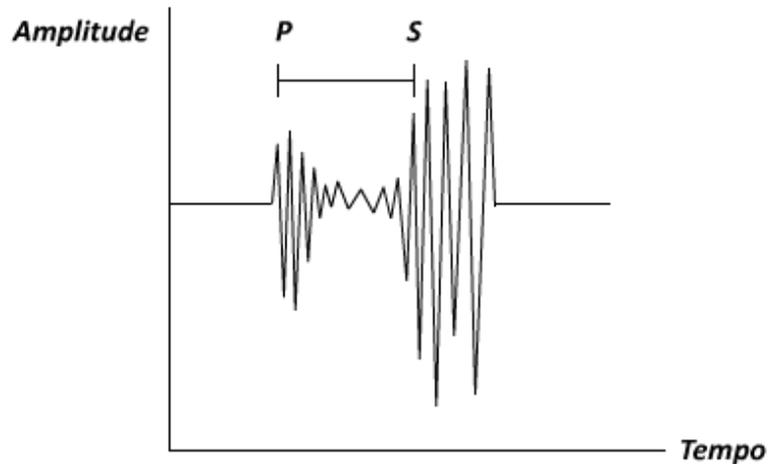


Imagem desenvolvida pelo autor

Na imagem acima o ponto P (ondas primárias) refere-se às primeiras ondas que chegam ao epicentro (ponto da superfície terrestre no qual o tremor tem máxima intensidade), seguidas das ondas secundárias (ponto S).

Em 1935 a tão conhecida hoje escala Richter foi desenvolvida pelos pesquisadores da *California Institute of Technology (Caltech)*, Charles Francis Richter e seu colaborador, Beno Gutenberg. Richter definiu que um tremor de magnitude 0,0 produz um deslocamento de 1 micrômetro (10^{-6} metro) num sismograma localizado a 100 km de distância do epicentro. Ao aumentar em 1,0 a magnitude, a intensidade aumenta 10 vezes em relação à unidade anterior. Ao aumentar 2,0, a intensidade fica 100 vezes maior, e assim por diante. Dizemos que esse tipo de crescimento é logarítmico, isto é, cresce de acordo com uma função logarítmica, que veremos em seguida.

Calculando a magnitude

Utiliza-se a seguinte equação para calcular a magnitude (M) de um terremoto:

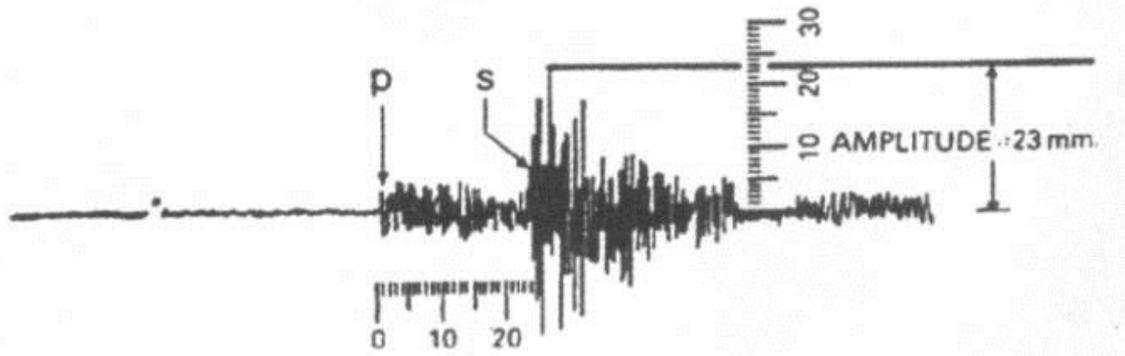
$$M = \log_{10} \left(\frac{A (\Delta t)^3}{1,62} \right)$$

A - amplitude, em milímetros, das ondas sísmicas medida no sismograma.

Δt - intervalo de tempo, em segundos, desde a chegada das ondas P ao epicentro até a chegada das ondas S ao mesmo local.

Podemos observar a partir da equação que, quanto maior a amplitude e o intervalo de tempo, maior a magnitude do sismo, uma vez que a função logarítmica é estritamente crescente, ou seja, conforme aumentam os valores da variável independente (no caso são A e Δt), os valores da dependente (M) também aumentam.

Como exemplo veja como calcular a magnitude a partir do seguinte sismograma:



Fonte: Série Novo Ensino Médio: Matemática, Marcondes, Gentil e Sérgio

Temos a amplitude $A = 23 \text{ mm}$ e o intervalo de tempo $\Delta t = 24 \text{ s}$, então:

$$M = \log_{10} \left(\frac{23 \cdot 24^3}{1,62} \right) = \log_{10} (23 \cdot 24^3) - \log_{10} 1,62 = \log_{10} 23 + \log_{10} 24^3 - \log_{10} 1,62$$

$$= \log_{10} 23 + 3 \log_{10} 24 - \log_{10} 1,62 = 5,29$$

Um tremor com essa magnitude é classificado como “moderado”. No quadro a seguir, fazemos relação entre a magnitude do terremoto e seus efeitos:

Classificação	Magnitude	Efeitos
Microssismos	< 2,0	Não perceptíveis pelos humanos.
Muito pequeno	2,0 - 2,9	Geralmente não sentido, apenas registrado/detectado por sismógrafos.
Pequeno	3,0 - 3,9	Frequentemente sentido, mas raramente causa danos.
Ligeiro	4,0 - 4,9	Tremor notório de objetos no interior de habitações, ruídos de choques entre objetos. Sismo significativo, mas com danos importantes improváveis.
Moderado	5,0 - 5,9	Pode causar danos importantes em edifícios mal construídos. Provoca apenas danos leves em edifícios bem construídos.
Forte	6,0 - 6,9	Pode ser destruidor em áreas habitadas num raio de até 160 quilômetros em torno do epicentro.
Grande	7,0 - 7,9	Pode causar danos graves em grandes áreas.
Importante	8,0 - 8,9	Pode causar danos sérios num raio de várias centenas de quilômetros em torno do epicentro.
Excepcional	9,0 - 9,9	Devasta zonas num raio de milhares de quilômetros em torno do epicentro.
Extremo	≥ 10	Na história conhecida nunca foi registrado um sismo com essa magnitude.

Depois dos estudos de Richter

Atualmente, já se conhece tremores com magnitude inferior a 0,0 e, embora a escala Richter seja frequentemente citada nos meios de comunicação, na maior parte das medições, ela foi substituída pela Escala de Magnitude de Momento (abreviada por MMS), pois em grandes eventos sísmicos, a escala de Richter fornecia em muitas medições valores entre 5,5 e 6,8 de magnitude. Foi criada por Thomas C. Haks e Hiroo Kanamori, também pesquisadores da *California Institute of Technology (Caltech)*, e introduzida em 1979. Seu cálculo também é obtido através de função logarítmica.

Mesmo que hoje a escala de Richter seja considerada obsoleta, ela guarda em sua história o fato de ter sido um passo importante para o desenvolvimento da sismologia e para mostrar a importância da matemática como ferramenta.

Fontes:

Sites:

<https://g1.globo.com/mundo/noticia/terremoto-de-magnitude-69-e-registrado-no-havai.ghtml>

http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/04/140402_cinco_maiores_terremotos_lgb

https://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Richter

<https://www.youtube.com/watch?v=1M7zY1luclY&feature=youtu.be>

<http://www.astropt.org/2015/04/22/equacoes-desafio-14/>

<http://www.lanco.cl/site/archivos/49012>

Livro:

Série Novo Ensino Médio: Matemática, Marcondes, Gentil e Sérgio