

O Sismógrafo

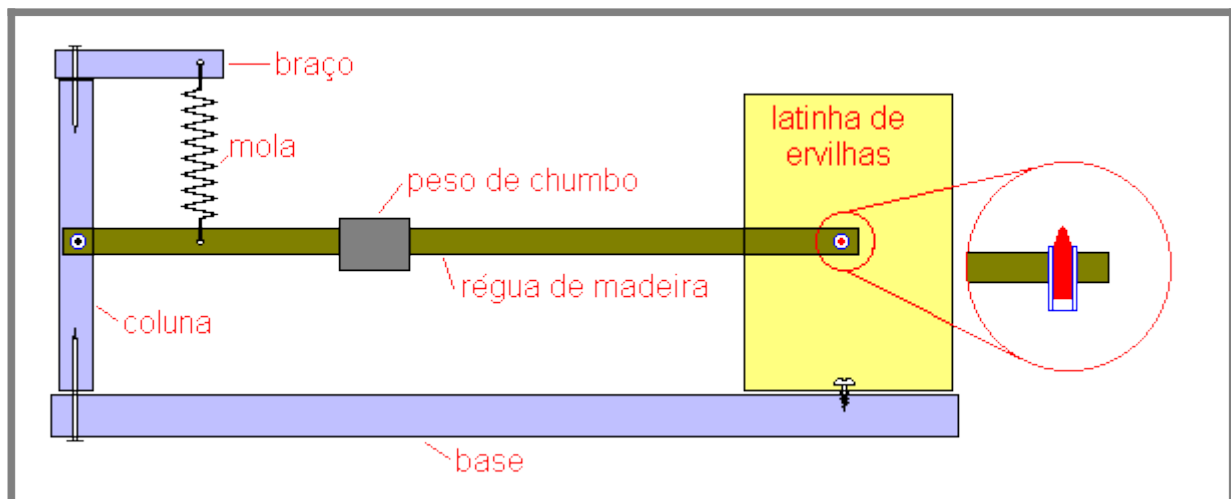
Marcelo Moura
mmmoura.bh@terra.com.br
Luiz Ferraz Netto
leobarretos@uol.com.br

Introdução

Um terremoto ocorre quando rochas da litosfera submetidas a altas tensões se acomodam. Ondas de choque, chamadas **ondas sísmicas** partem em todas as direções de um ponto chamado foco ou **hipocentro**. O ponto situado na superfície exatamente acima do foco é chamado de **epicentro** do terremoto. A partir deste ponto, as ondas de choque fazem com que o solo se mova em movimentos cíclicos que geram "ondas" forçando o solo para cima e para baixo, as ondas primárias ou verticais, e de um lado para o outro, as ondas horizontais ou ondas de cisalhantes. Quando o epicentro está abaixo de um mar ou oceano, ele pode criar um maremoto ou um tsunami, uma onda gigante.

O sismógrafo

Para detectar, medir e determinar o foco de um terremoto, são utilizados os **sismógrafos**. Os chineses usam sismógrafos há quase 2000 anos. O mais antigo deles, consistia em oito dragões de bronze dispostos em círculo, com esferas metálicas equilibradas na boca. Abaixo de cada dragão existia um sapo, também de bronze, com a boca aberta. Quando ocorria um terremoto, a esfera caía da boca do dragão para a boca do sapo, gerando um som metálico, que alertava as pessoas. Este modelo, além de tocar o alarme, registrava a ocorrência do terremoto (caso ninguém escutasse a campainha), e ainda indicava a direção do epicentro. Hoje os sismógrafos contam com dispositivos eletromecânicos e eletrônicos para registrarem simultaneamente todos os movimentos. O modelo mais conhecido entretanto, é o sismógrafo mecânico inventado por John Milne, em torno de 1880, chamado **sismógrafo de pêndulo invertido**, ou sismógrafo de Milne. Para registrar as ondas verticais é utilizado um pêndulo equilibrado por mola e para as ondas horizontais são utilizados mais dois, centrados pela gravidade, instalados a 90° um do outro.



Montagem

- Para construir um sismógrafo de Milne utilize uma base de madeira de (2 x 15 x 30) cm.
- Fixe numa das extremidades dessa base um sarrafo de (3 x 3 x 12) cm com cola e pregos,
- e sobre esse sarrafo, a 90°, um outro sarrafo de (2 x 3 x 7) cm.

- (d) Utilize uma vareta de madeira leve de (0,5 x 1,5 x 25) cm para fazer o pêndulo.
- (e) Faça um furo de 3 mm de diâmetro, afastado de 1 cm de cada ponta dessa vareta, e mais um a 5 cm para prender a mola.
- (f) Encaixe nos furos das pontas dois pedacinhos de tubo plástico (aquele que fica dentro das canetas esferográficas). Em um desses tubinhos encaixe uma ponta porosa de caneta hidrocor (hidrográfica), conforme se ilustra no detalhe da figura acima.
- (g) Fixe o outro lado da vareta-pêndulo, com um prego por dentro do tubinho, na coluna lateral, a 4 cm da base. A vareta deve se mover facilmente.
- (h) Faça uma mola com um arame de aço e prenda no braço, como se ilustra. A técnica para fazer molas pode ser vista na [Sala 02 do Imperdível](#) (clique no destaque).
- (i) Consiga um pedaço de chumbo, dobre em U e coloque-o 'montado' sobre a vareta-pêndulo. Ajuste a mola ou desloque o chumbo ao longo da vareta até nivelar o pêndulo.
- (j) Arranje uma latinha de ervilhas, vazia, para fazer o registrador. **Cuidado! Martele as rebarbas da tampa para não cortar os dedos.** Aparafuse a latinha pelo centro se seu fundo de modo que ela encoste na ponta do 'traçador' (ponta macia entintada) e não aperte muito o parafuso para que a lata possa girar.
- (k) Cole um pedaço de papel em volta da latinha com fita adesiva e coloque uma gota de tinta na ponta porosa se essa estiver seca.

Agora é só esperar que um caminhão passe na rua. Quando o pêndulo oscilar, vá girando a lata devagarzinho para criar o registro.

Nota: Se você for bastante cuidadoso e habilidoso poderá dar um 'jeitinho' da lata ficar girando o tempo todo dando uma volta a cada 12 horas, ou a cada 1 hora ou a cada minuto. **Já vislumbrou a técnica?**

Basta comprar um desses relógio com uma pilha nas lojas de R\$ 1,99; retirar o plástico que recobre o mostrador e retirar cuidadosamente os ponteiros. A seguir, instale esse relógio na horizontal e adapte o centro da lata no lugar do ponteiro que interessar; das horas, dos minutos ou dos segundos. Se você usar o eixo do ponteiro dos segundos a latinha irá girar dando 'pulinhos' a cada segundo, realizando uma volta completa a cada minuto.

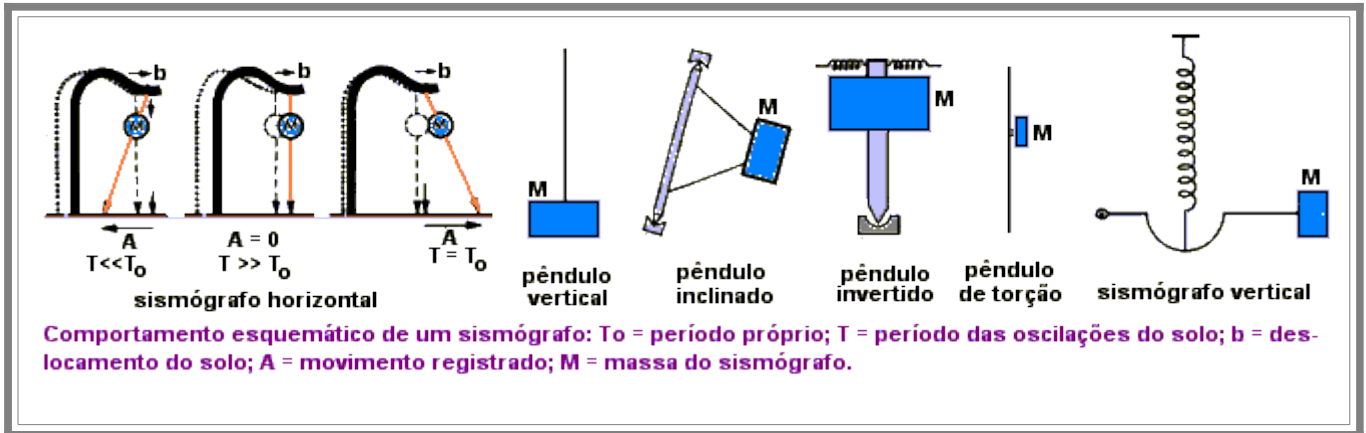
Os sismógrafos deste tipo são fixados em bases rígidas ou em rochas, para aumentar a sensibilidade. O tambor do registrador é movimentado por um motor que além do tremor registra também os pulsos de um relógio para determinar a hora que o fenômeno ocorreu e sua duração. Nós não temos terremotos no Brasil, mas freqüentemente ocorrem abalos sísmicos na cordilheira dos Andes que são registrados aqui.

Um pouco de teoria

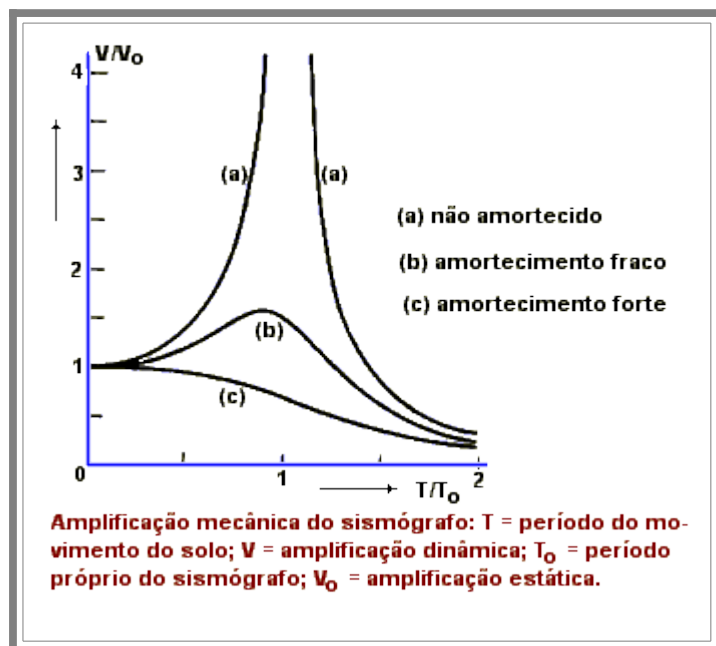
Os **sismógrafos** profissionais procedem sem interrupção ao registro dos movimentos do solo. O princípio fundamental do seu funcionamento é simples: uma considerável massa é colocada de tal modo que consegue permanecer inerte quase que de modo absoluto frente à ação do movimento do solo. Acoplado à massa há um sistema de alavancas muito leves, que, por intermédio de uma ponta entintada ou outro dispositivo adequado, efetua o registro. O **sismograma** (sucessão dos registros em um papel) é portanto uma representação amplificada do movimento relativo entre a massa e o solo.

Qualquer sismógrafo é semelhante a um pêndulo, que se pode pôr em oscilação mediante um impulso. Uma tal oscilação designa-se por **oscilação livre** e o respectivo período (T_0) é o período próprio do pêndulo. Se o período do movimento do solo (T) é sensivelmente menor do que o período próprio do sismógrafo ($T \ll T_0$), a massa deste

(M) ficará em repouso e o movimento relativo solo/massa é registrado com o auxílio das alavancas amplificadoras. Se o período do movimento do solo é muito maior do que o período próprio do sismógrafo ($T \gg T_0$), a massa acaba por acompanhar o solo no seu movimento, não há movimento relativo, nem por conseguinte registro.



Entre estas duas hipóteses situa-se o caso da ressonância: a massa oscila livremente e com amplitude crescente, à medida que chegam novas ondas do mesmo período ($T = T_0$). O máximo de ressonância, frente ao amortecimento do sismógrafo, pode ser mais ou menos reduzido, até completa supressão. Por outro lado, o amortecimento impede a manifestação de um defeito do sismógrafo, que seria o falso registro de ondas após a chegada de um único impulso, pelo fato do sismógrafo entrar em oscilação livre.



Quando o amortecimento é forte (c), na ilustração acima, obtém-se registros aceitáveis das oscilações do solo cujo período seja inferior ao dobro do período próprio do sismógrafo. De sismos afastados chegam-nos períodos de 20 s e mais, pelo que os períodos próprios devem ser pelo menos da ordem dos 10 s.

Ora, um pêndulo simples com este período tem o comprimento de 25 m; mas é possível com determinados dispositivos mecânicos atingir o período desejado sem exagerar as dimensões dos aparelhos. Podem obter-se amplificações de centenas ou milhares de vezes com o sistema de alavancas, que devem ser leves e o mais possível livres de atrito nas articulações. Apesar disso, para vencer o atrito da ponta de registro sobre o sismograma, tornam-se necessárias grandes massas (1 a 20 toneladas).

O registro óptico (fotográfico) é completamente livre de atrito, permite reduzir a massa a

1 kg ou ainda menos e, paralelamente, realiza ampliações da ordem de centenas de milhares ou mesmo milhões de vezes. A transformação das oscilações mecânicas em correntes elétricas pulsantes, por via eletromagnética, é bastante prática. Tais sismógrafos podem dispor igualmente do registro óptico, quando acoplados a galvanômetros de espelho.

Cada sismógrafo deve possuir um dispositivo de marcação de tempos, que, na maior parte das vezes, consiste em pequenas interrupções do registro (1 a 2 segundos) no início de cada minuto e comandadas por um bom relógio de quartzo, cujo estado deve ser determinado diariamente por sinais-rádio oriundos de algum observatório astronômico. O tempo utilizado é sempre o tempo médio de Greenwich (TMG).

Deve-se a E. Wiechert a concepção e montagem do primeiro sismógrafo capaz de fornecer registros legíveis de sismos afastados. O seu princípio fundamental é o do pêndulo invertido. Com os seus colaboradores, Wiechert fundou a investigação do interior da Terra, com os primeiros resultados bem estabelecidos.