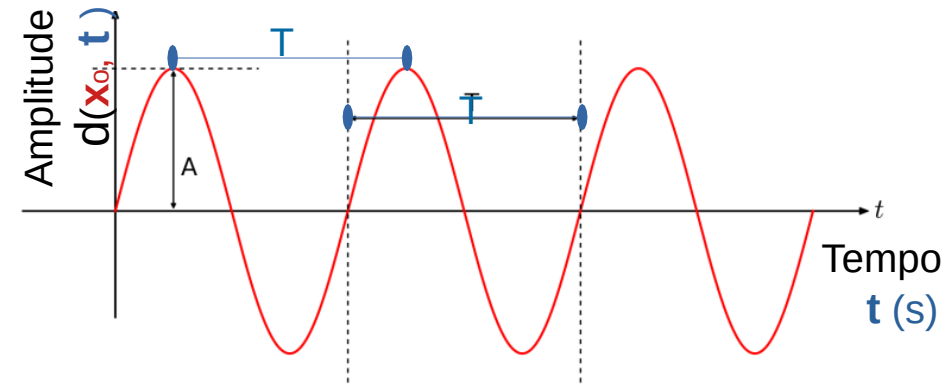
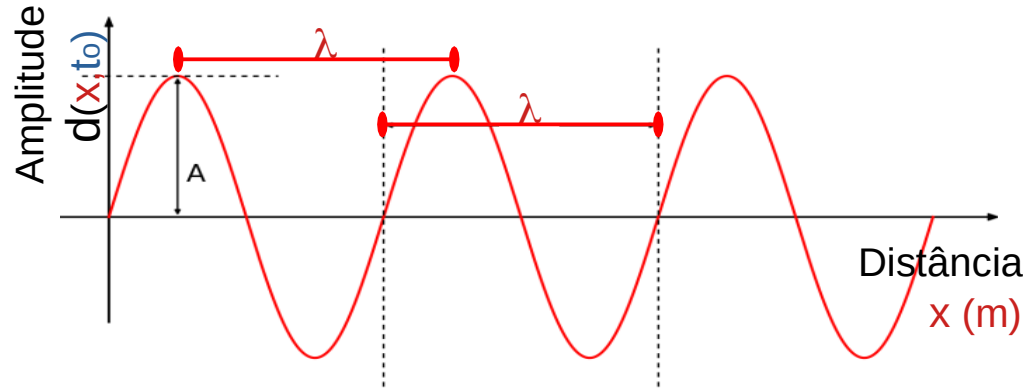


AGG0232-Sísmica I 2023

Aula 1 – Ondas Sísmicas

COMO PODEMOS DEFINIR UMA ONDA SÍSMICA?

- A **onda** é um fenômeno físico em que ocorre o transporte de energia (a propagação da energia ocorre no tempo e no espaço)



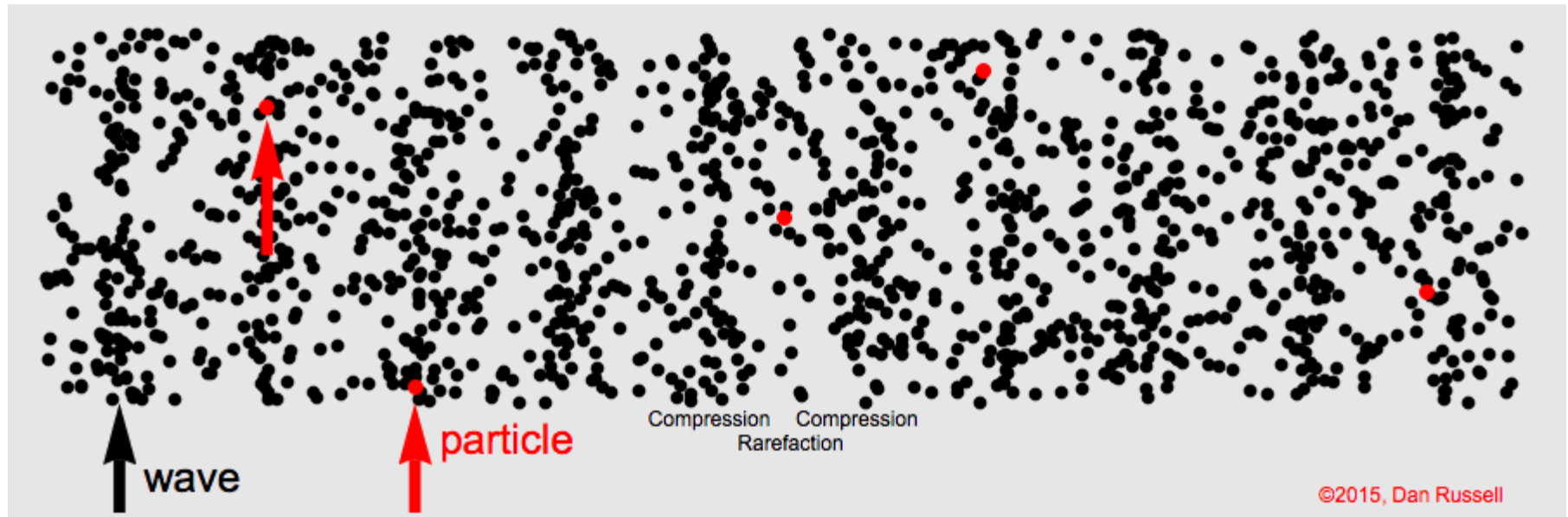
- **ondas sísmicas** (são mecânicas) => necessitam de um meio material
- a transferência de energia se dá através do movimento das partículas
- são ondas elásticas

Movimento de um ponto (ou partícula) do meio

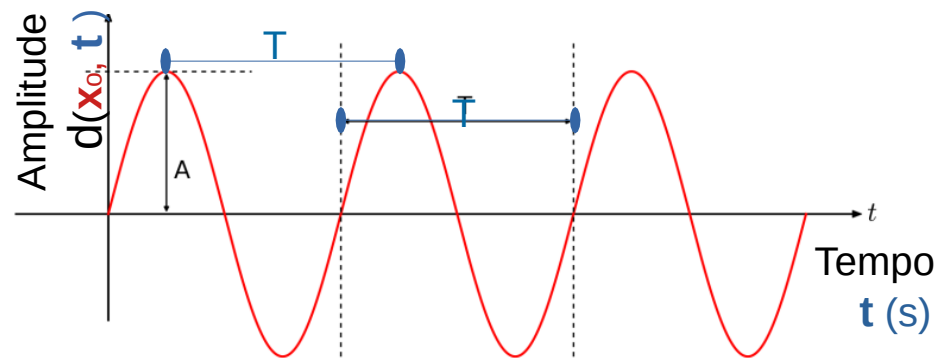
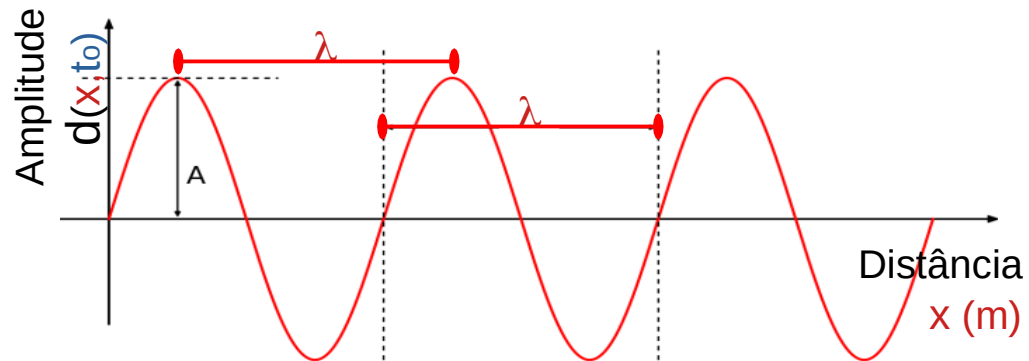
x

Movimento da onda

- fenômeno físico-ondulatório em que o transporte (a propagação) da energia ocorre no tempo e no espaço)
- ondas sísmicas (são mecânicas e elásticas), e a transferência de energia se dá através do movimento das partículas de um meio material



Parâmetros para descrever características de uma onda



Amplitude: tamanho da oscilação máxima das partículas do meio. Nos sismogramas, a amplitude pode representar o deslocamento da partícula, sua velocidade ou sua aceleração.

Velocidade de propagação (v): velocidade com que a energia (onda) se propaga pelo meio (não confundir com a velocidade de movimentação (ou deslocamento) das partículas).

Período (T): tempo necessário para que uma partícula do meio complete um ciclo completo de movimentação e retorne para sua posição original (representada na figura acima pela posição x_0).

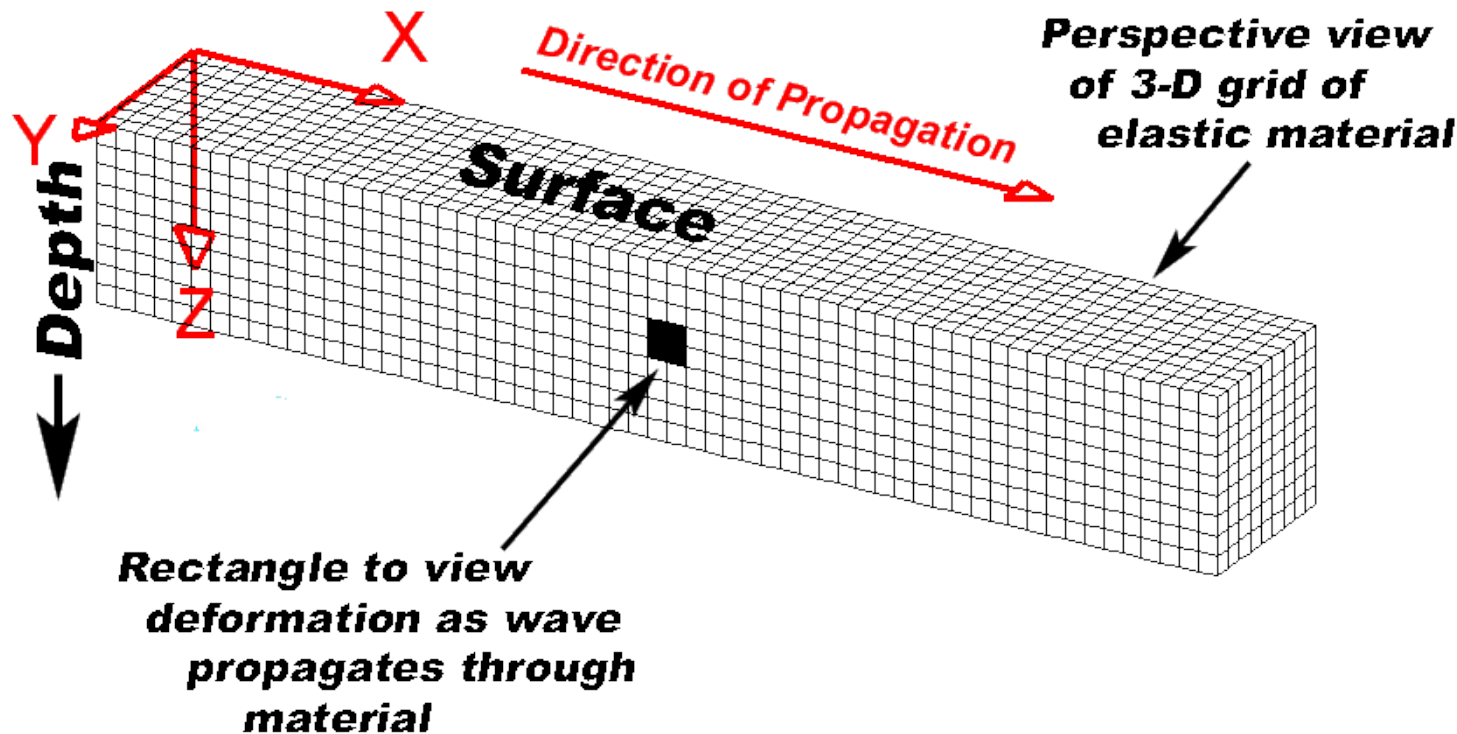
Frequência (f (Hz)): número de ciclos que uma partícula completa por unidade de tempo (inverso do período ($f=1/T$)).

Comprimento de onda (λ): distância que a onda percorre em um período.

(Há uma relação importante entre três das grandezas acima: $v = \lambda f$)

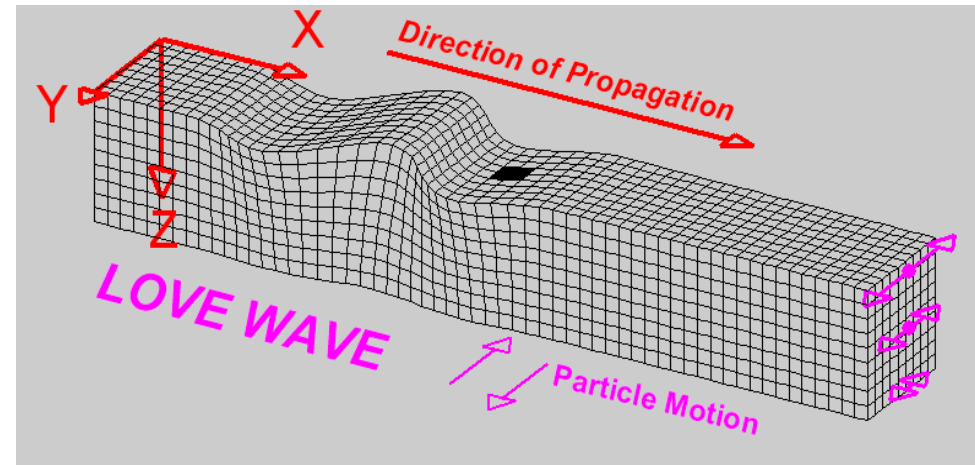
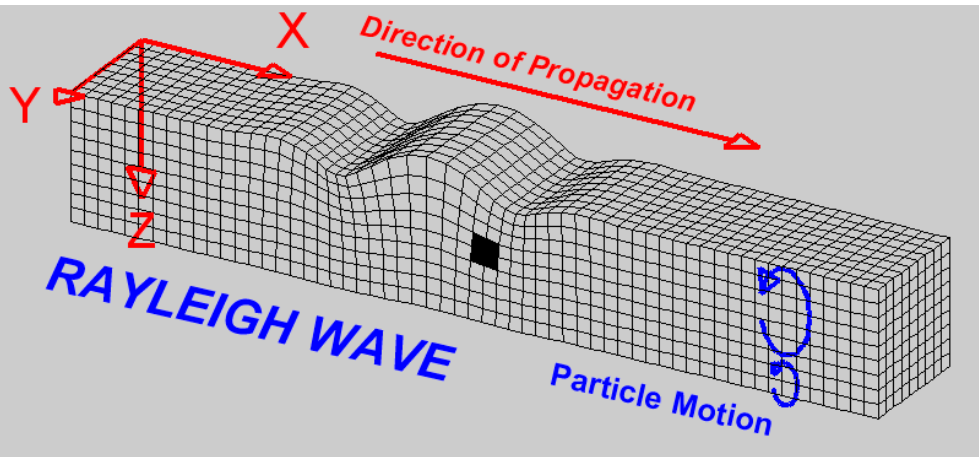
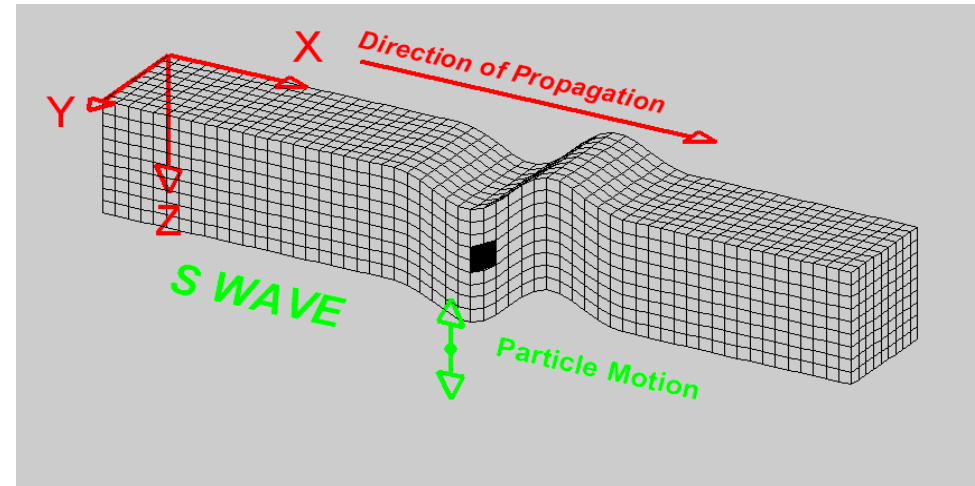
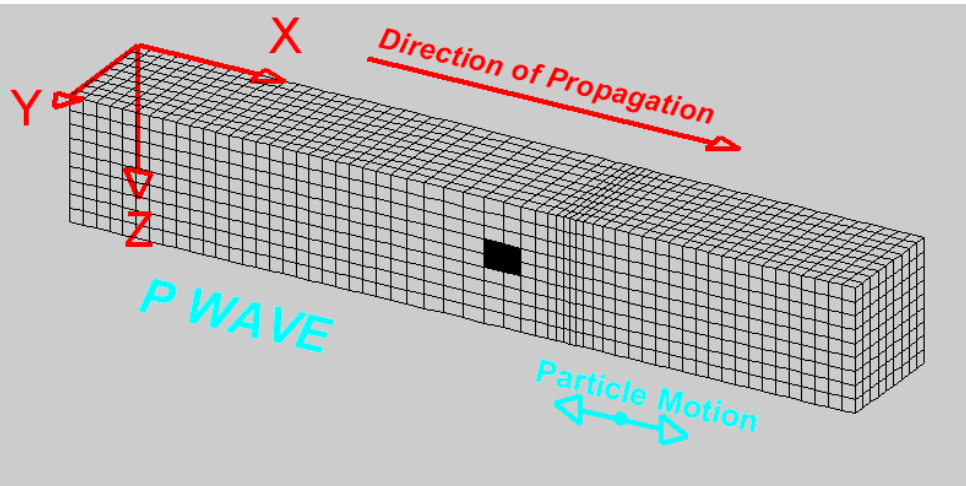
Sequência de animações para ilustrar os tipos de ondas Sísmicas (L. Braile, Purdue University)

<https://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/waves/WaveDemo.htm#Downloads>



Nas próximas ilustrações/animações não foram incluídos efeitos de:

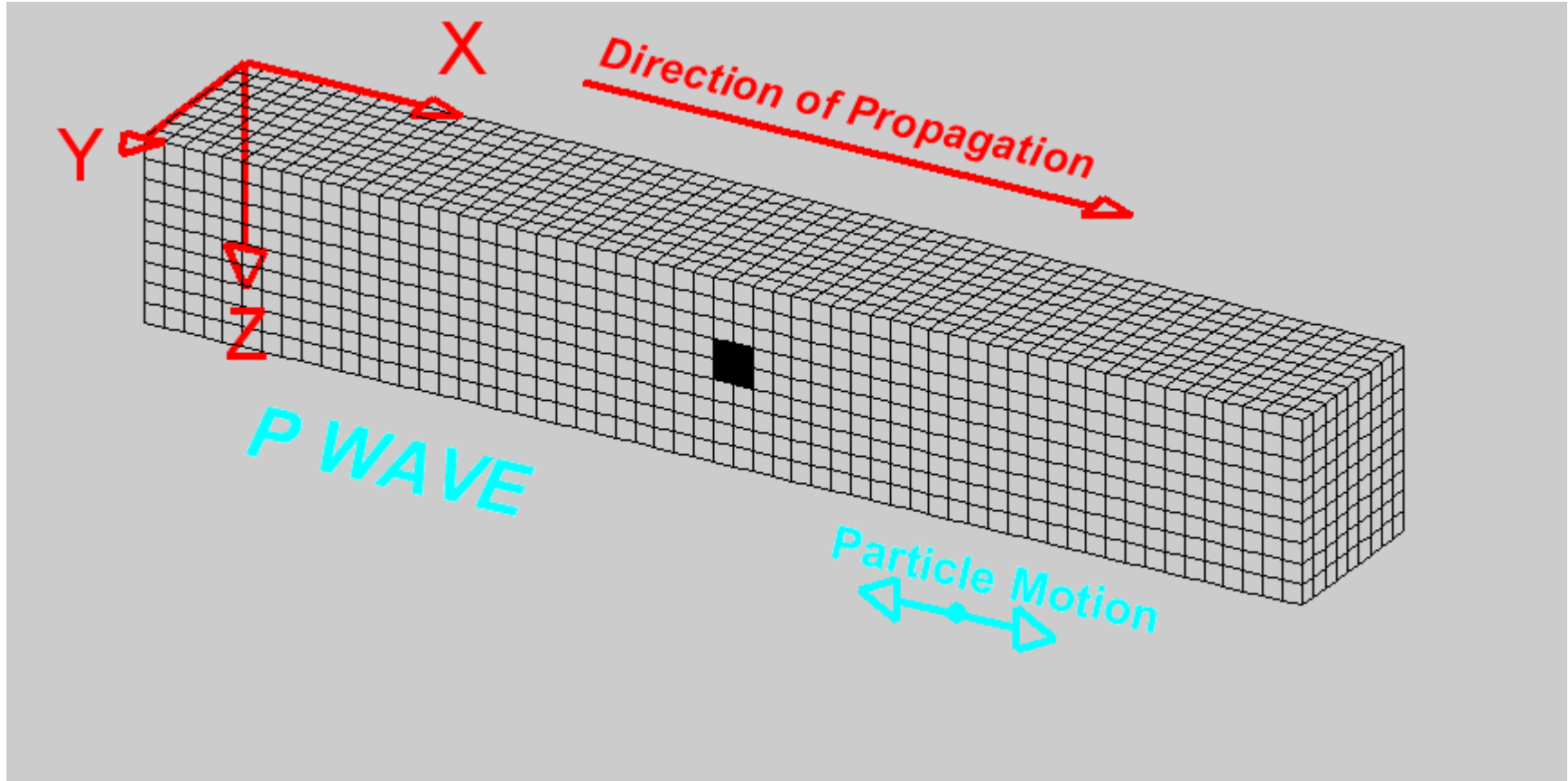
- *atenuação* (tais como, espalhamento geométrico ou absorção da energia pelo meio);
- *dispersão* (variação da velocidade com a frequência);
- *anisotropia* (velocidade depende da direção de propagação).



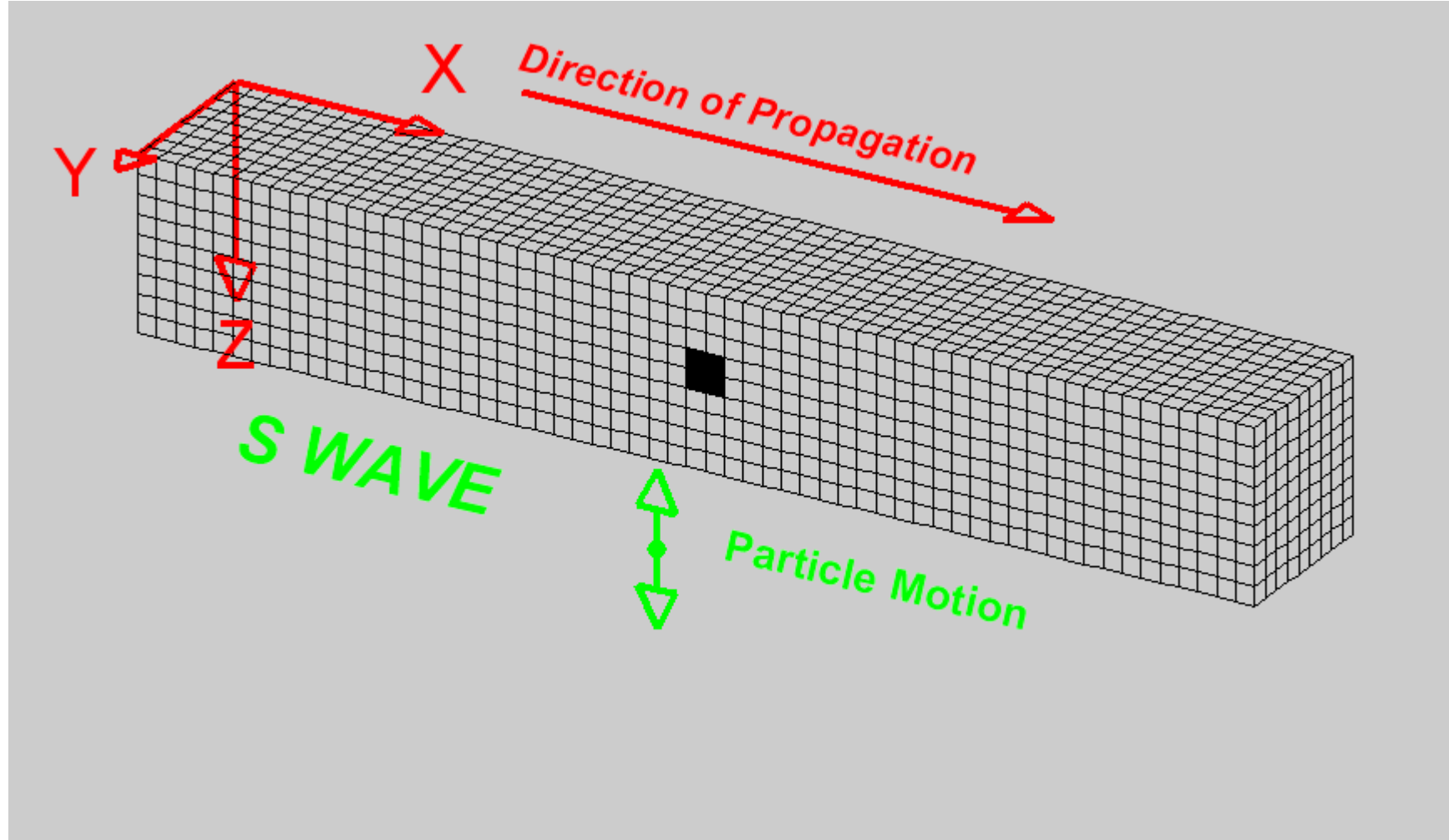
© Copyright 2004-10. L. Braile. Permission granted for reproduction and use of animations for non-commercial uses.
<https://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/waves/WaveDemo.htm#Downloads>

AVISO: os arquivos (.gif) das animações estão adicionados no Moodle separados do arquivo (.pdf) com os slides desta aula

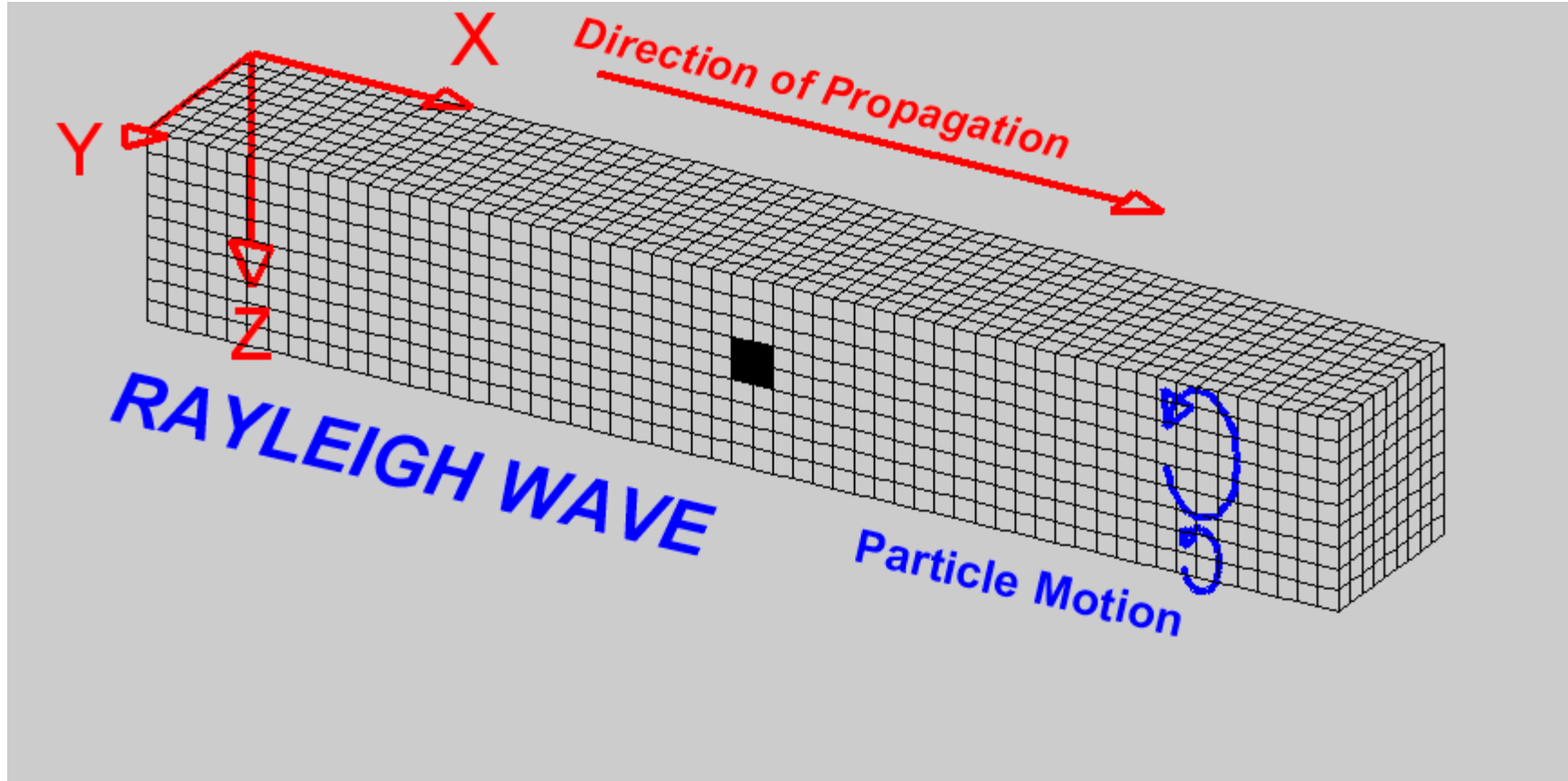
Onda P (Compressional; Longitudinal; (**P** de ***P***rimária))



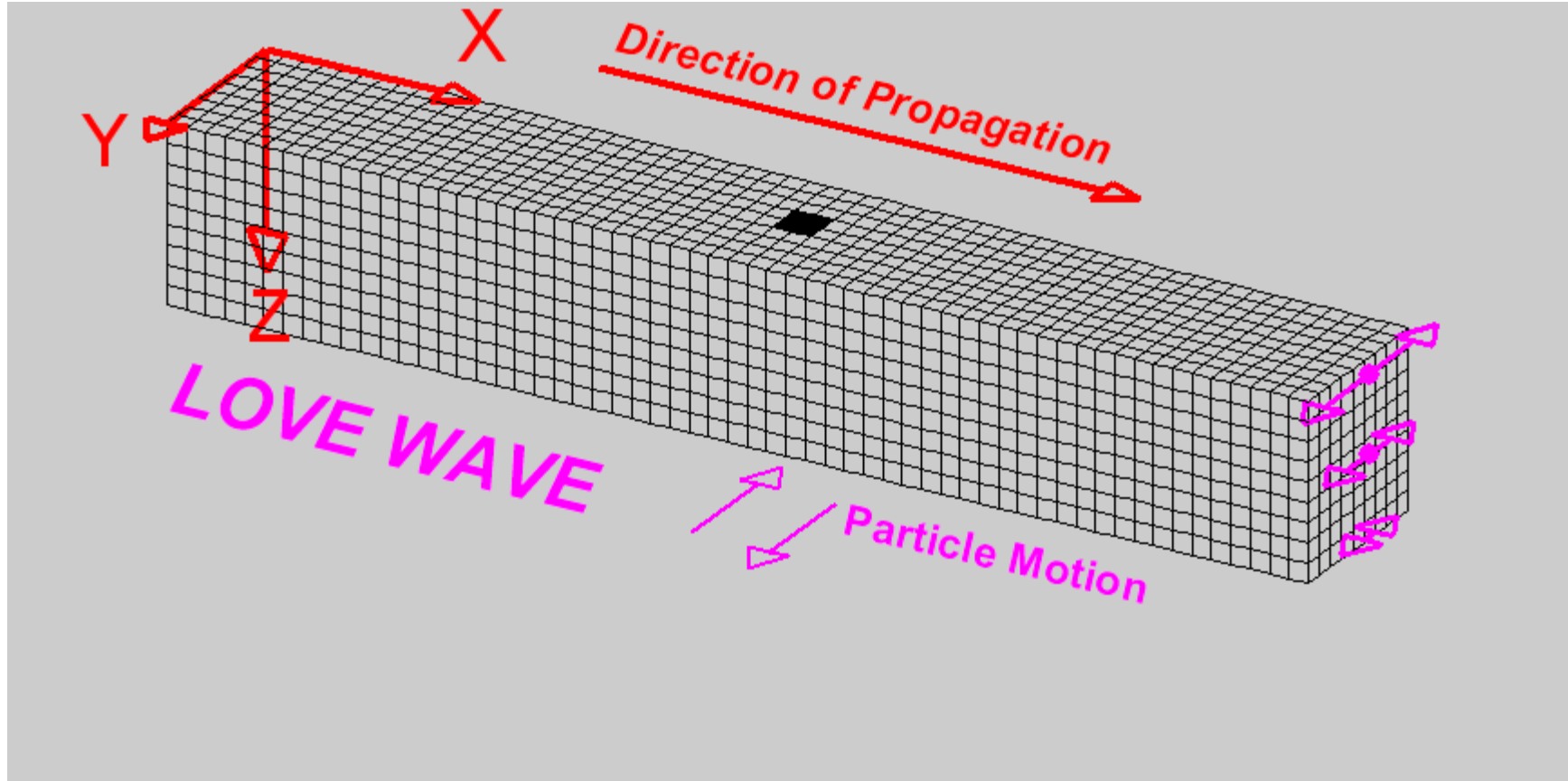
Onda S (de Cisalhamento (*Shear wave*); Transversal;
(**S** de *Secundária*))

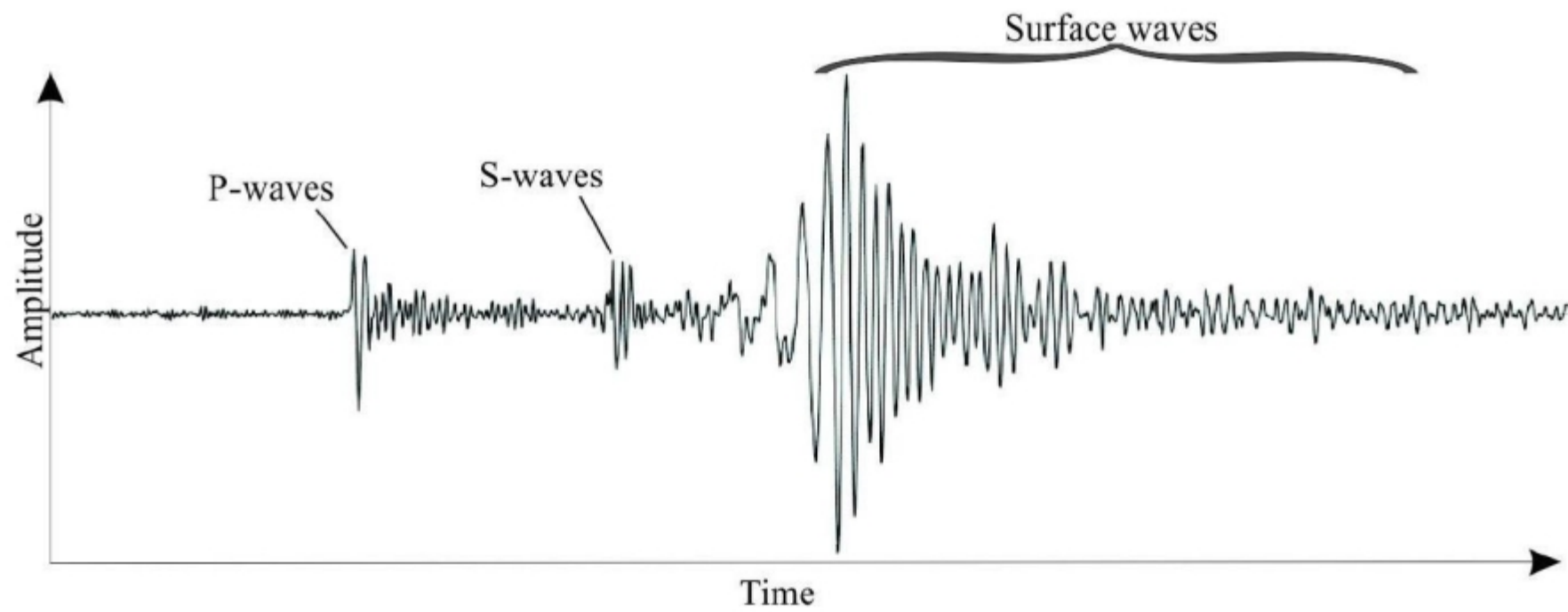


Onda Rayleigh (Onda superficial (*R-wave*))



Onda Love (Onda superficial (L-wave))





Para modelar (teoria físico-matemática) o comportamento das ondas elásticas, o campo de força é considerado como conservativo: uma força inicial e uma força restauradora, garantindo que não haja dissipação de energia.

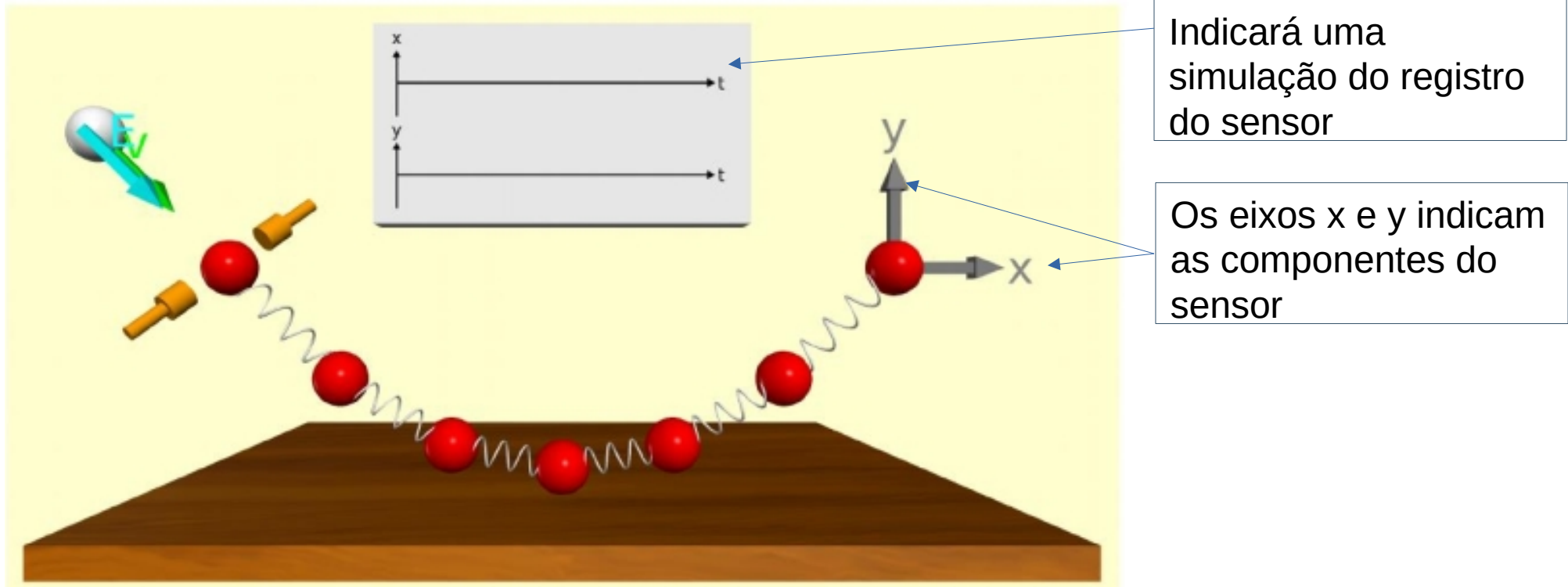
Os fenômenos ondulatórios estão intimamente relacionados aos oscilatórios.

Uma onda pode ser descrita como um sistema de osciladores acoplados.

Inicialmente vamos usar algumas simulações para analisar o tipo de movimentação das partículas das Ondas P e S, analisar a direção, as componentes que seriam registradas e a polaridade (sinal) da amplitude registrada.

Modelo de Oscilador Harmônico Acoplado(Simulação da Onda P)

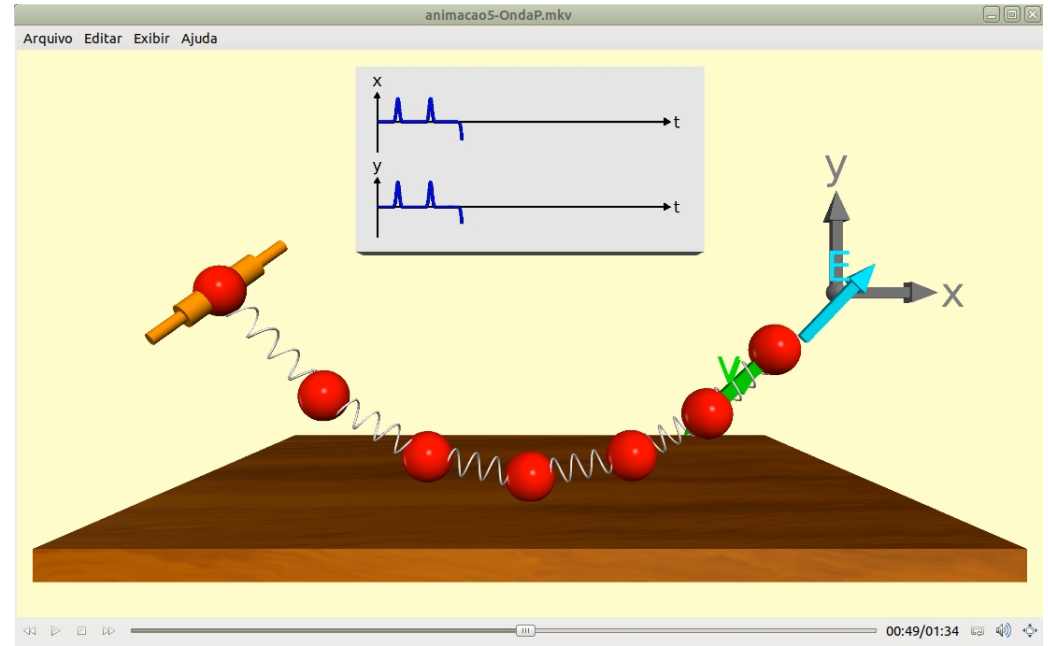
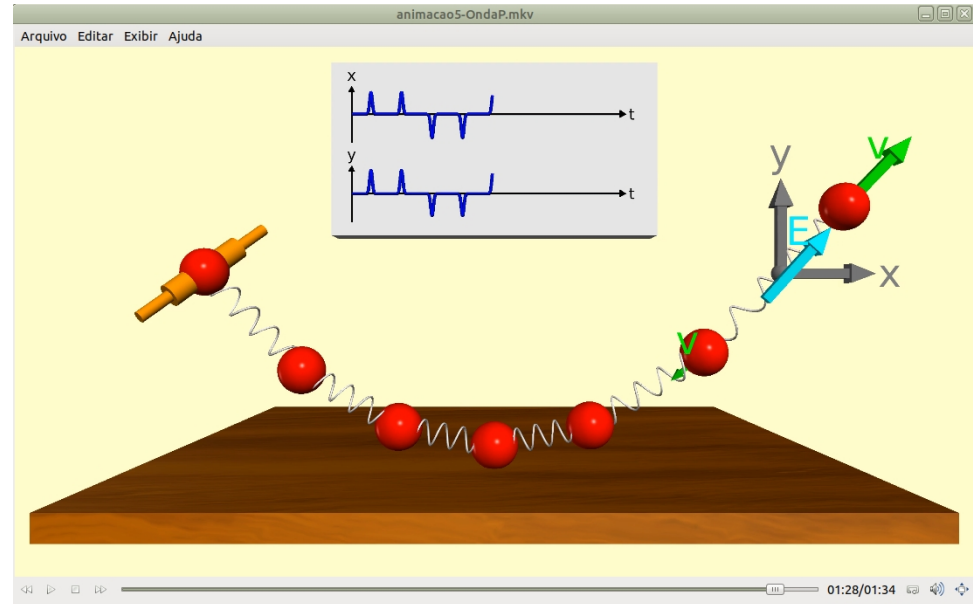
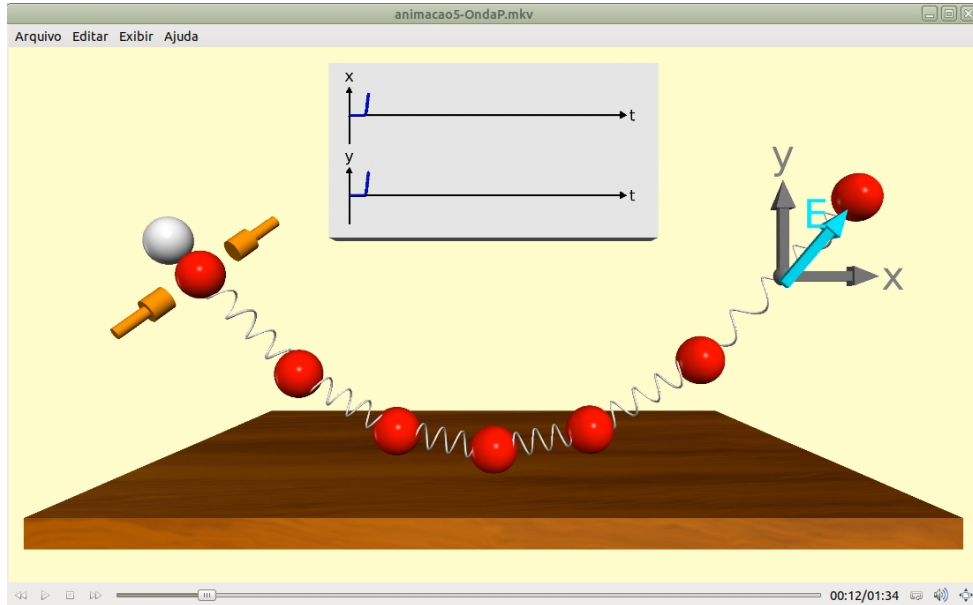
Animações para analisar direção (componentes e polaridade (+) e (-))



Vídeo: animacao5-OndaP.mkv (onda longitudinal (P) numa mola, trajetória curva)

<https://www.iag.usp.br/~marcelo/agg232/>

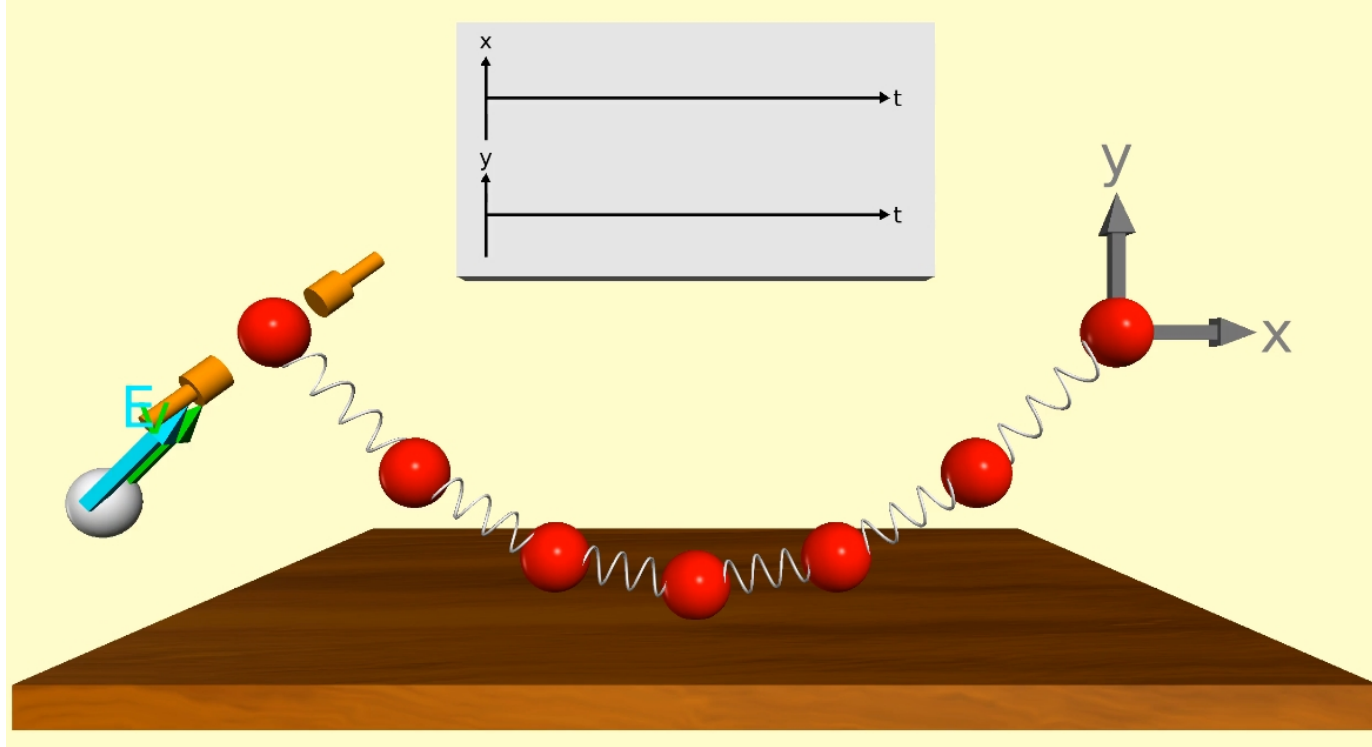
Prints do vídeo: [animacao5-OndaP.mkv](#) (onda longitudinal (P) numa mola, trajetória curva)



Analisar a movimentação da mola (estica/comprime, seta verde (**V**)), quando a onda atinge o sensor (seta azul (**E**), indicando a propagação da Energia).

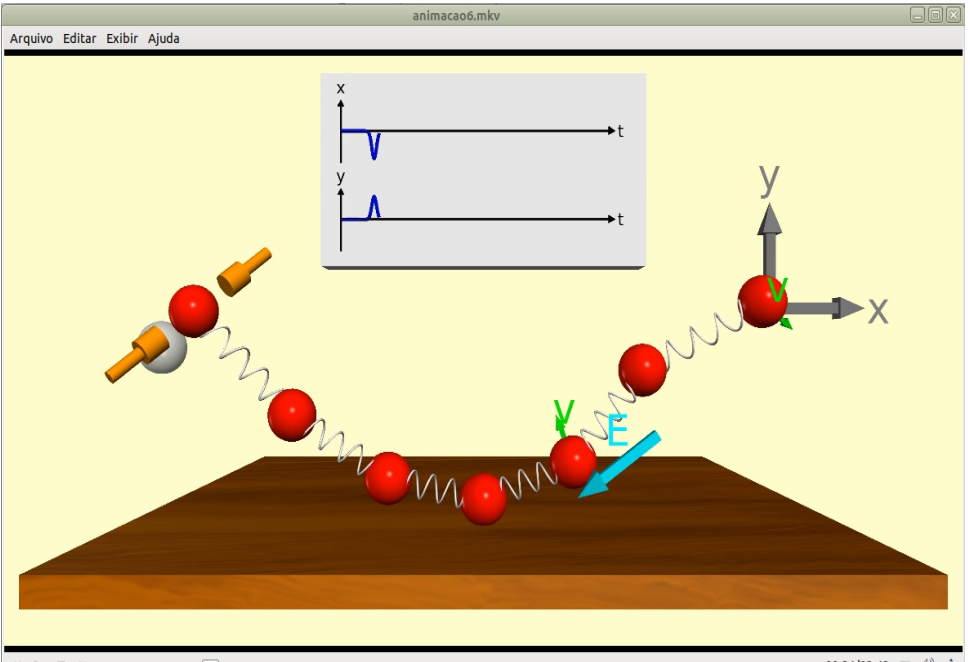
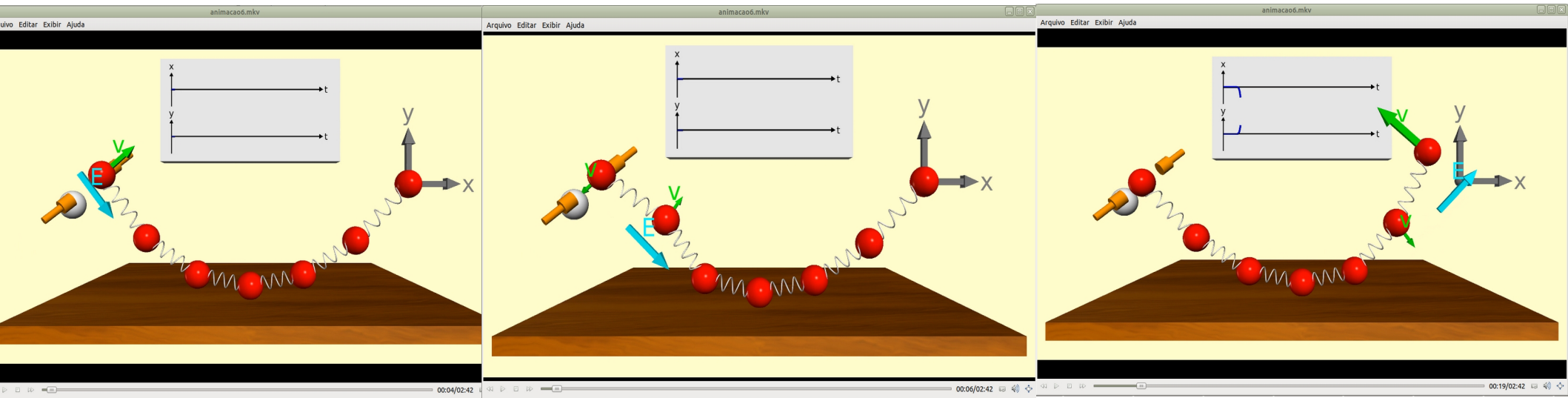
Modelo de Oscilador Harmônico Acoplado (Simulação da Onda S)

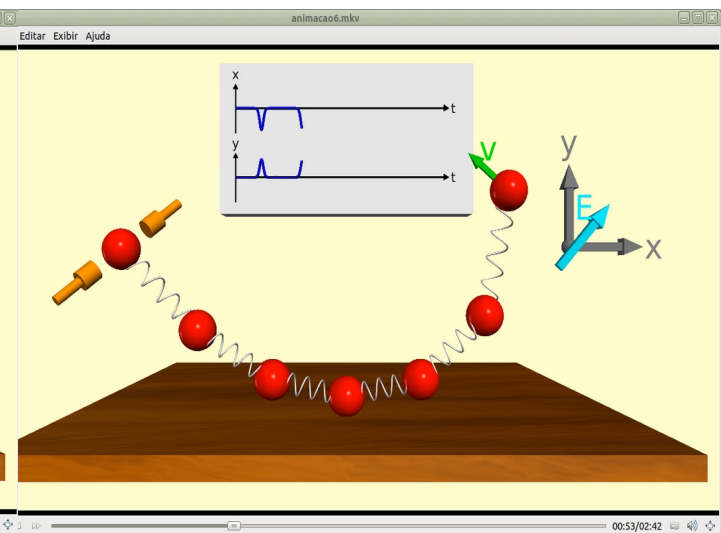
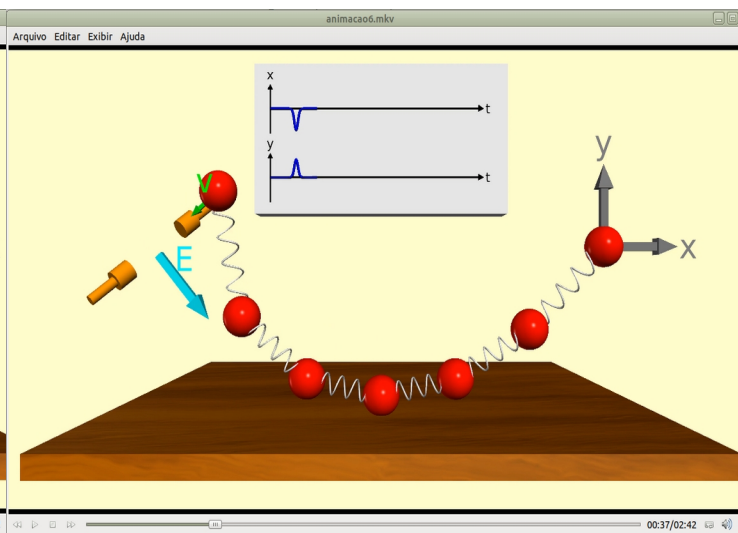
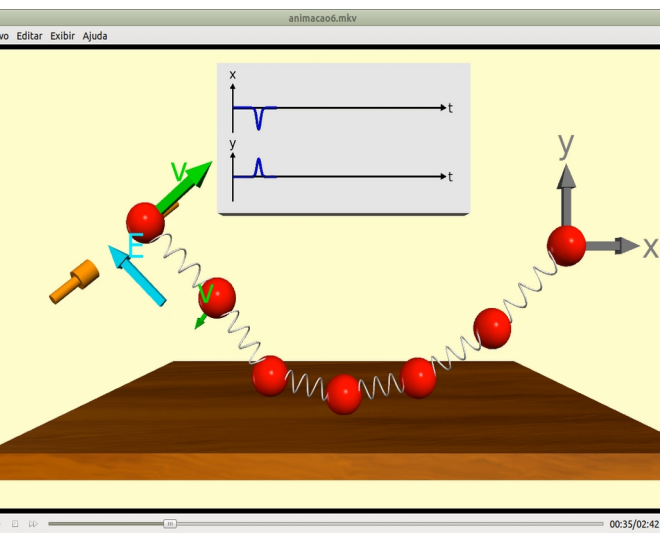
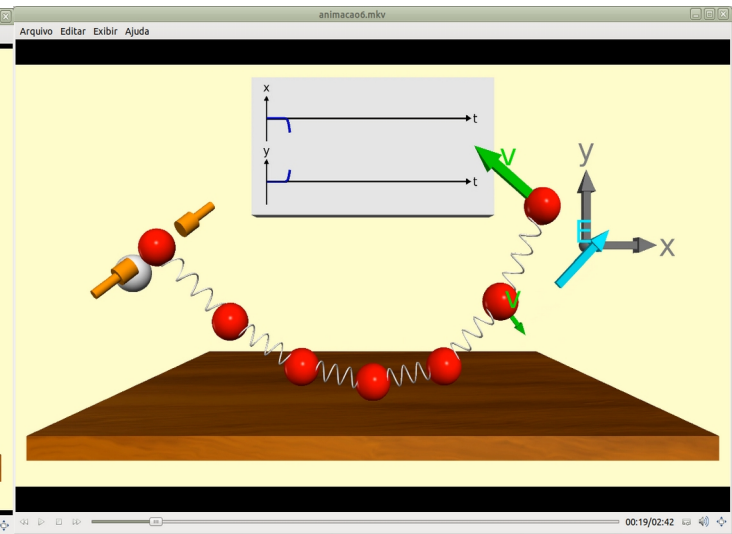
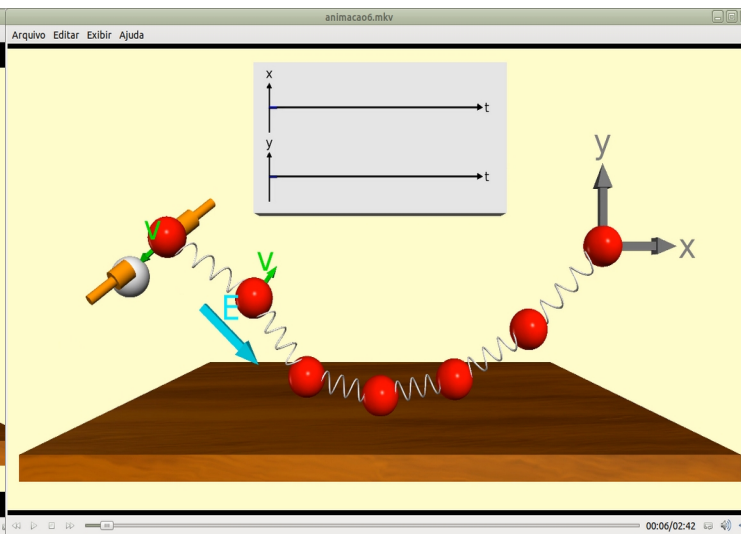
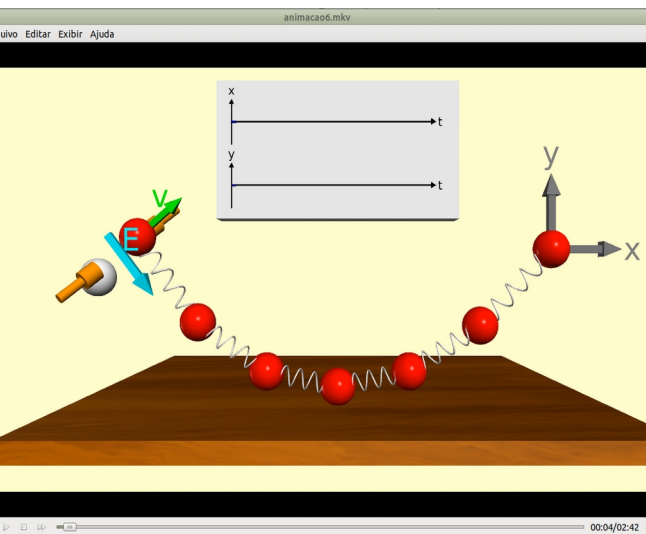
Animações para analisar direção (componentes e polaridade (+) e (-))

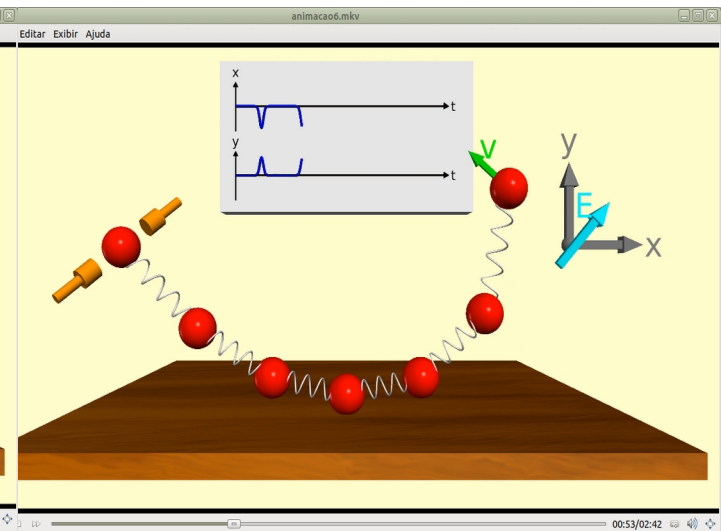
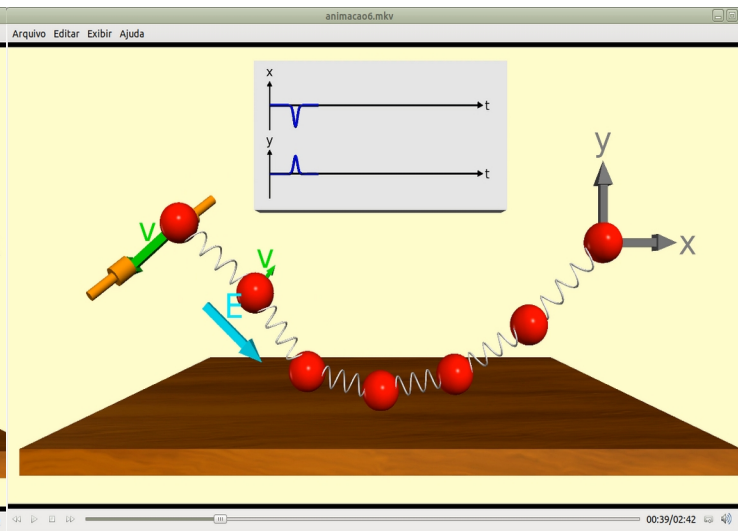
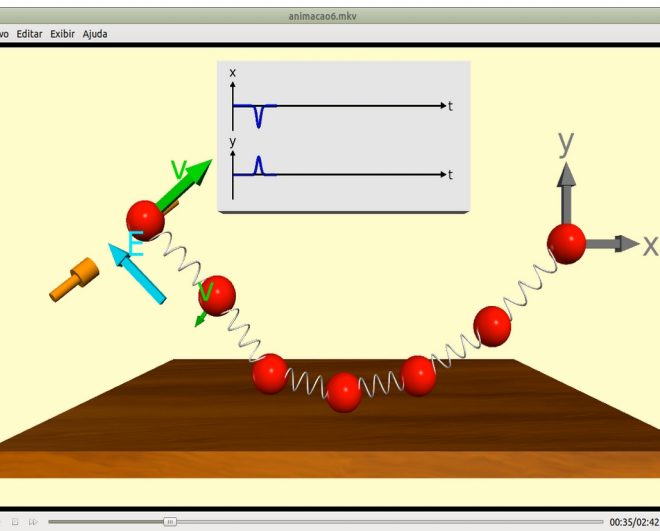
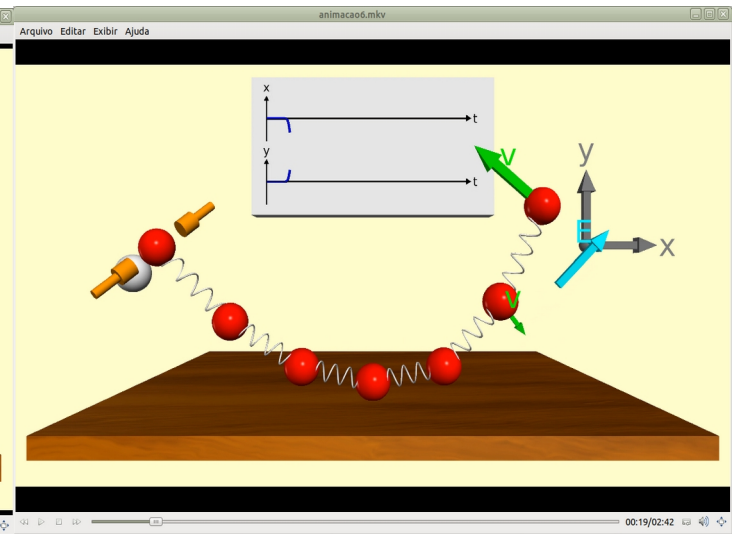
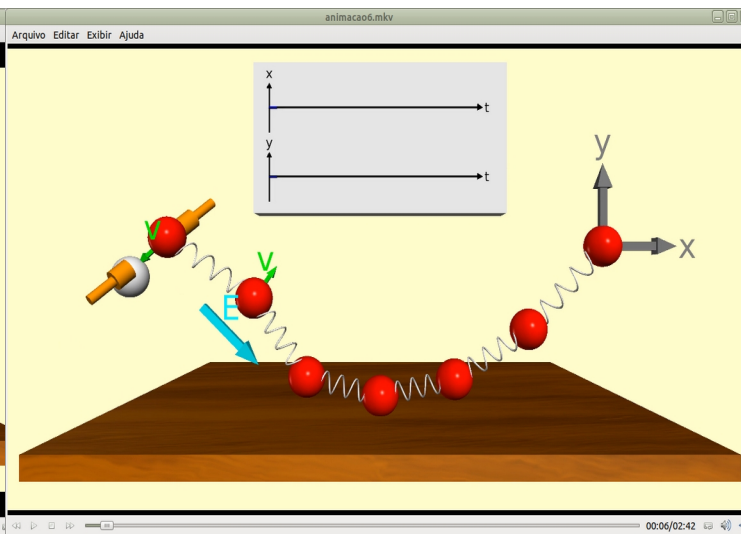
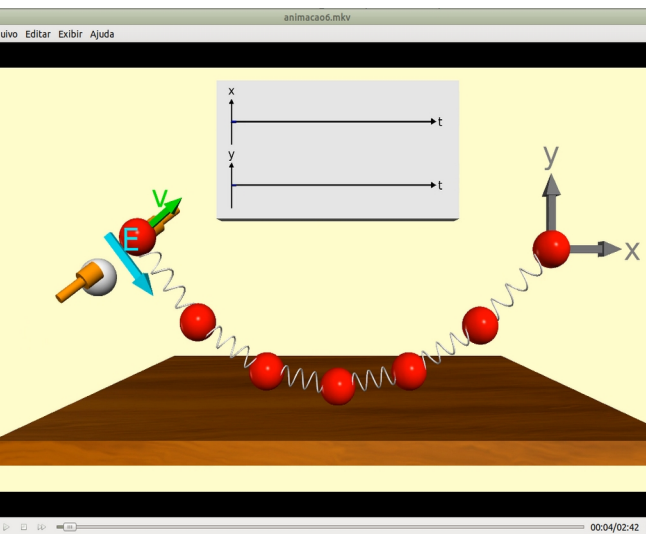


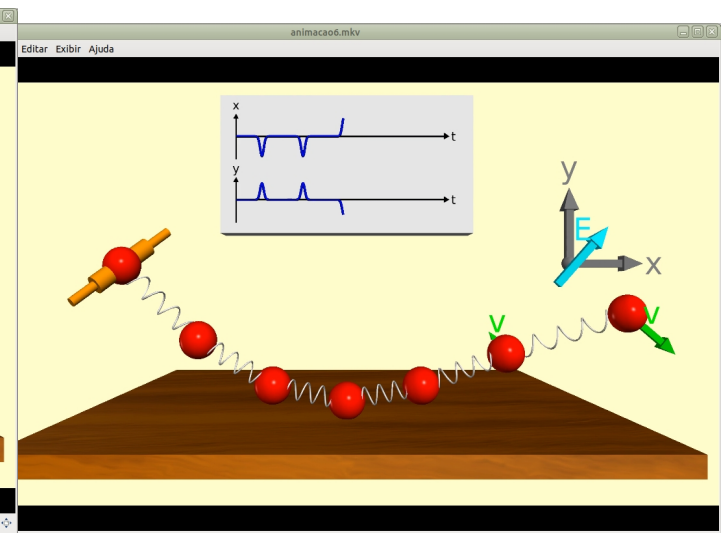
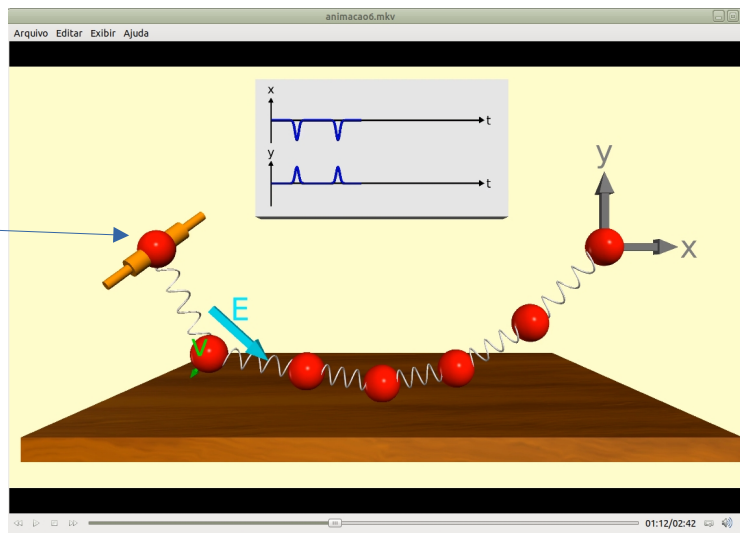
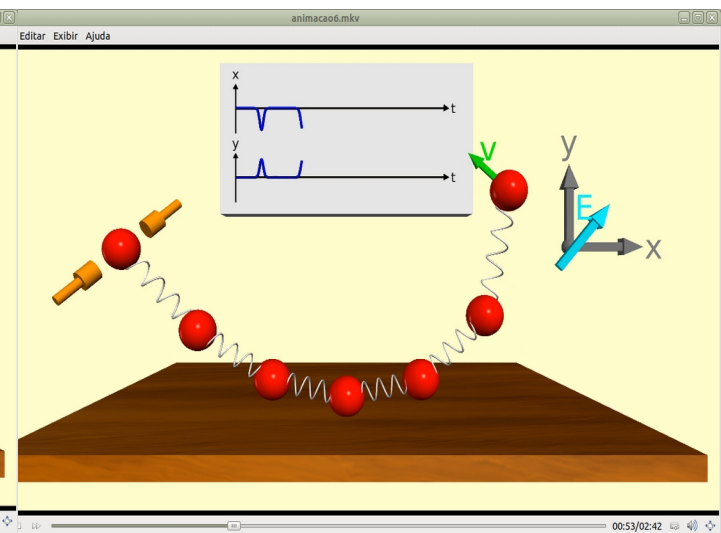
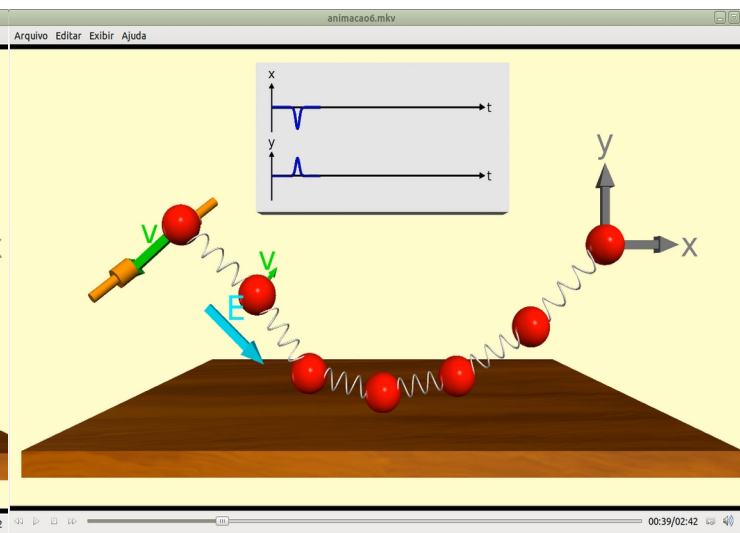
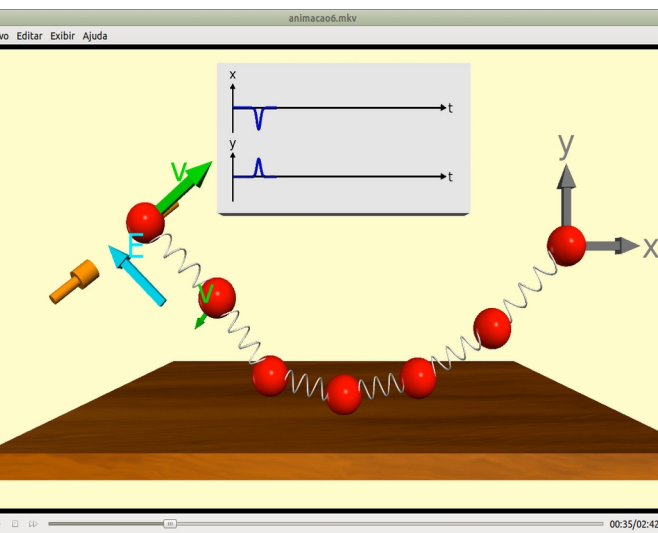
Vídeo: animacao6-OndaS.mkv (onda elástica transversal (S) numa mola, trajetória curva)
<https://www.iag.usp.br/~marcelo/agg232/>

Prints do vídeo: [animacao6-OndaS.mkv](#) (onda transversal (S) numa mola, trajetória curva)









Para comparar a “reflexão”
com a extremidade livre
(acima), e com a
extremidade fixa.

Como as ondas sísmicas são registradas ?

E como usualmente é a apresentação dos registros sísmicos ?

Os registros para Sismologia e para Sísmica Aplicada são bem diferentes.

Como reconhecer e identificar a chegada das ondas nos registros sísmicos?

Princípio de um sismômetro:

Observe no vídeo que a variação de voltage é gerada pelo movimento da massa magnética (ímã) em relação à bobina fixa (de fio de cobre).

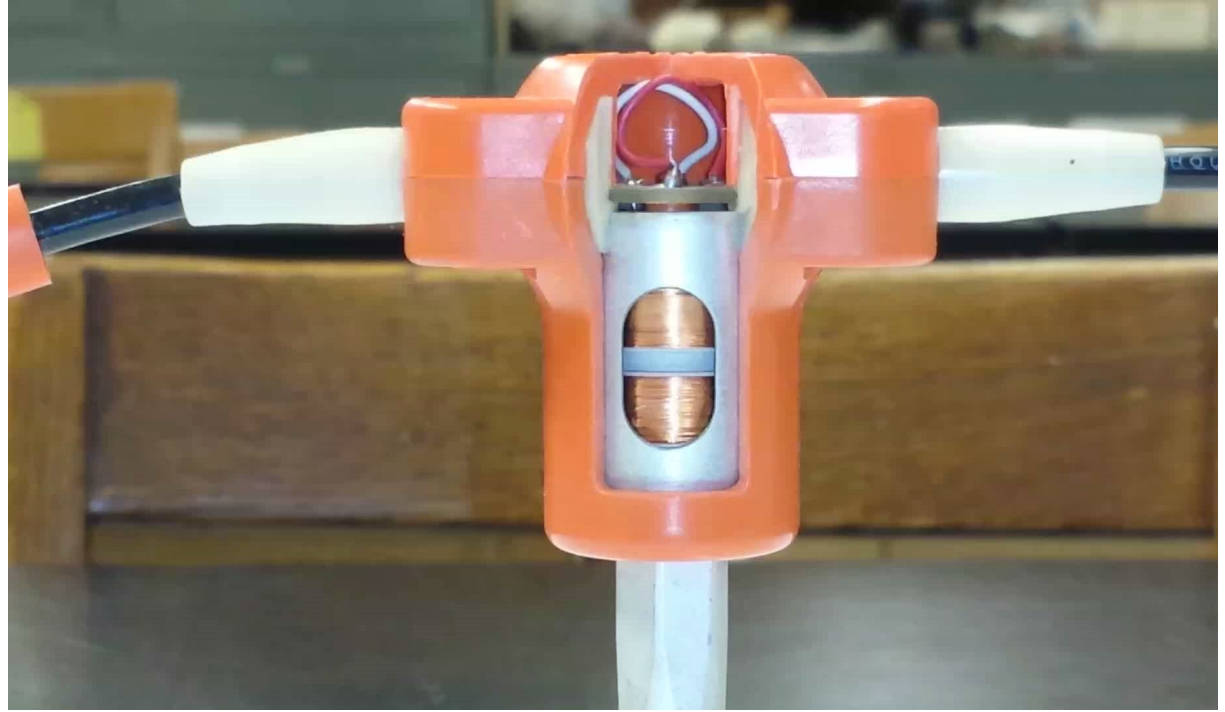
Os sismômetros bem mais sofisticados, aqui é só uma ilustração do princípio



Vídeo file: <http://web.ics.purdue.edu/~braile/new/MagnetCoil.avi>

Princípio de um geofone:

Observe no vídeo que a bobina é que se move em relação a massa magnética que está dentro da bobina, para gerar a variação de voltage em função do movimento gerado pela perturbação.



Vídeo File:

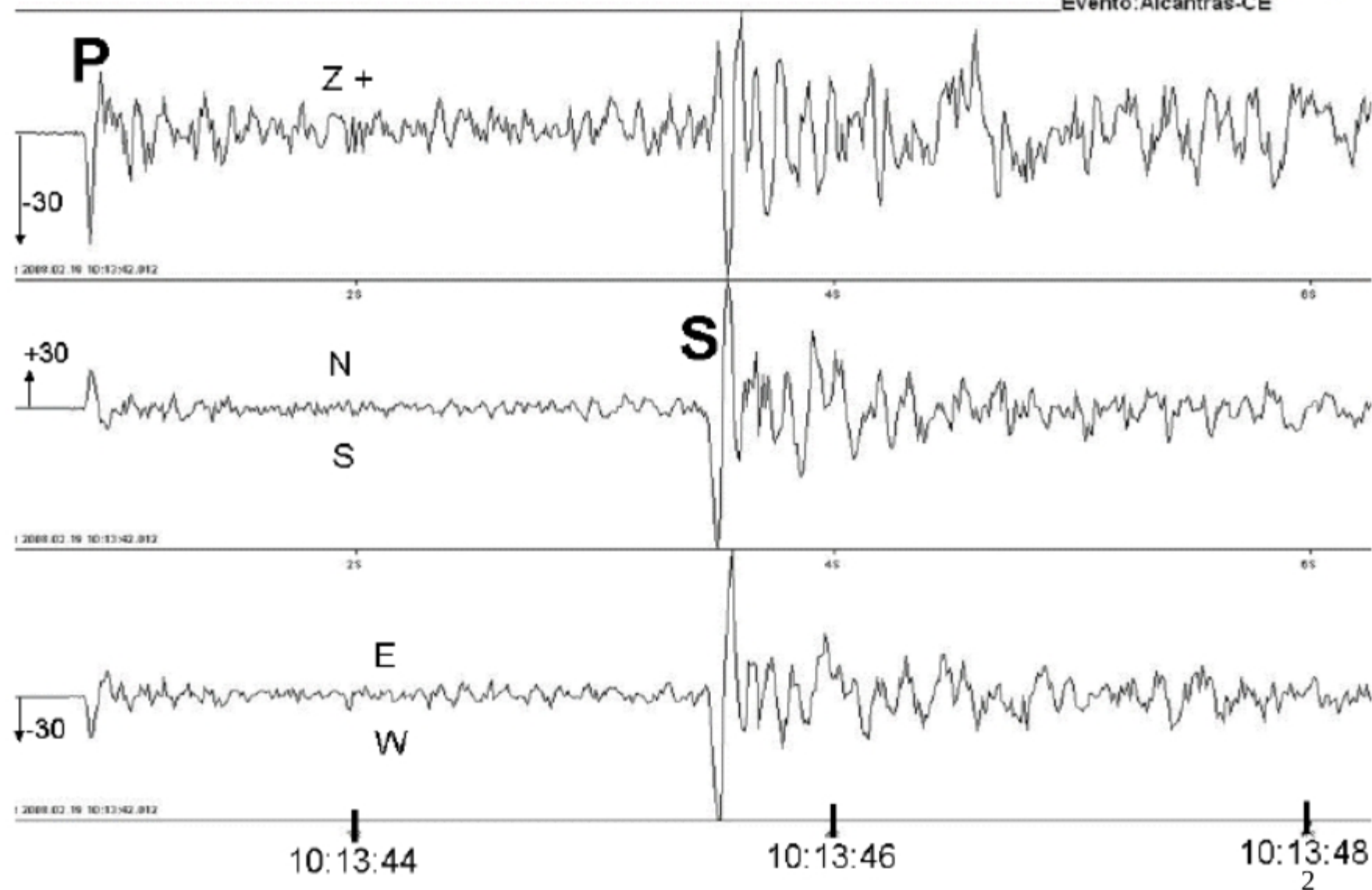
<http://web.ics.purdue.edu/~braile/new/Geophone.avi>

Para sismologia usualmente são registradas 3 componentes:
Vertical (z) e 2 Horizontais (Norte-Sul, Leste-Oeste)

Explicar a convenção dos sinais

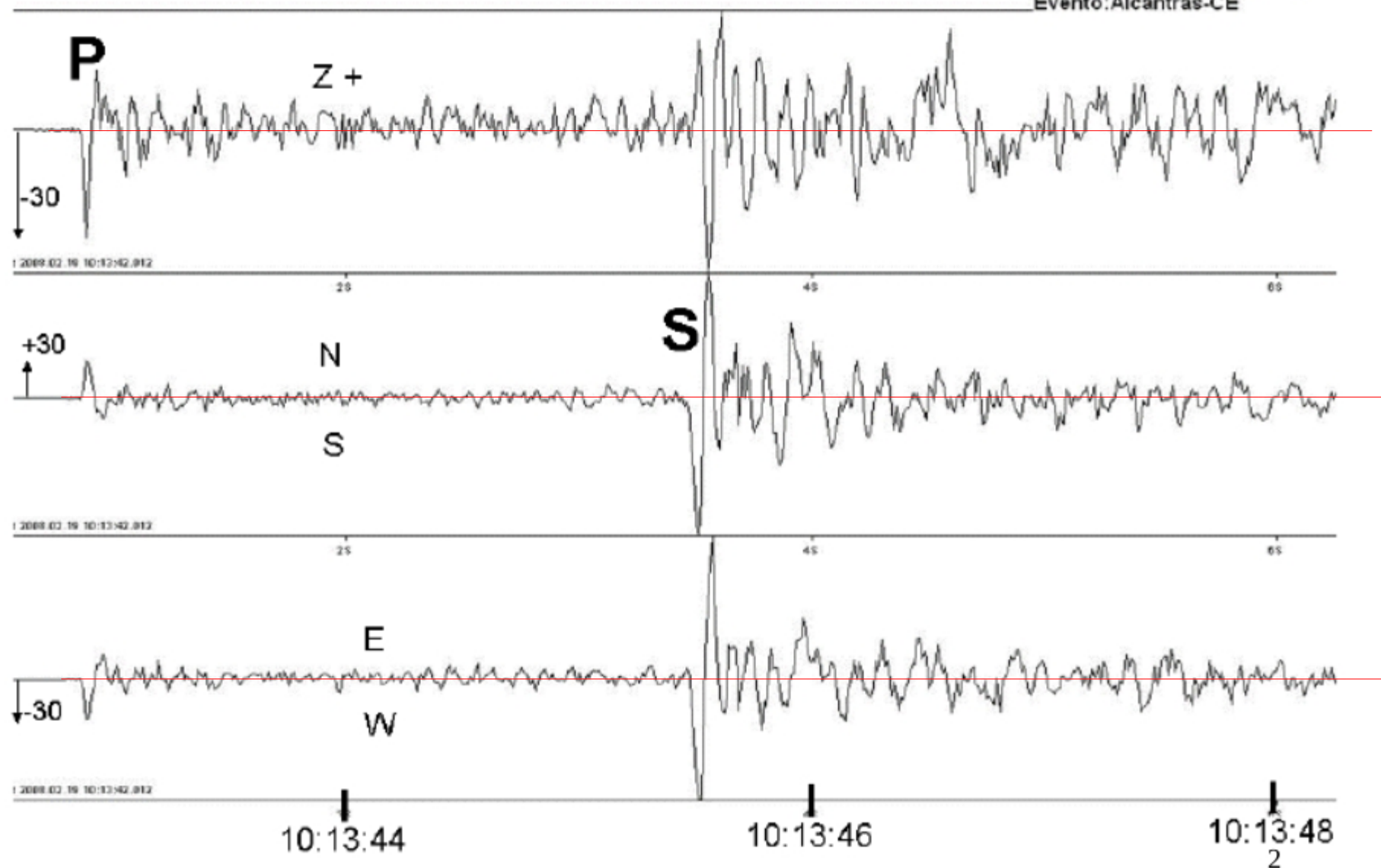
Tremor de Alcântaras, CE 19-02-2008

Projeto Milênio/CNPq - UFRN
Evento: Alcântaras-CE

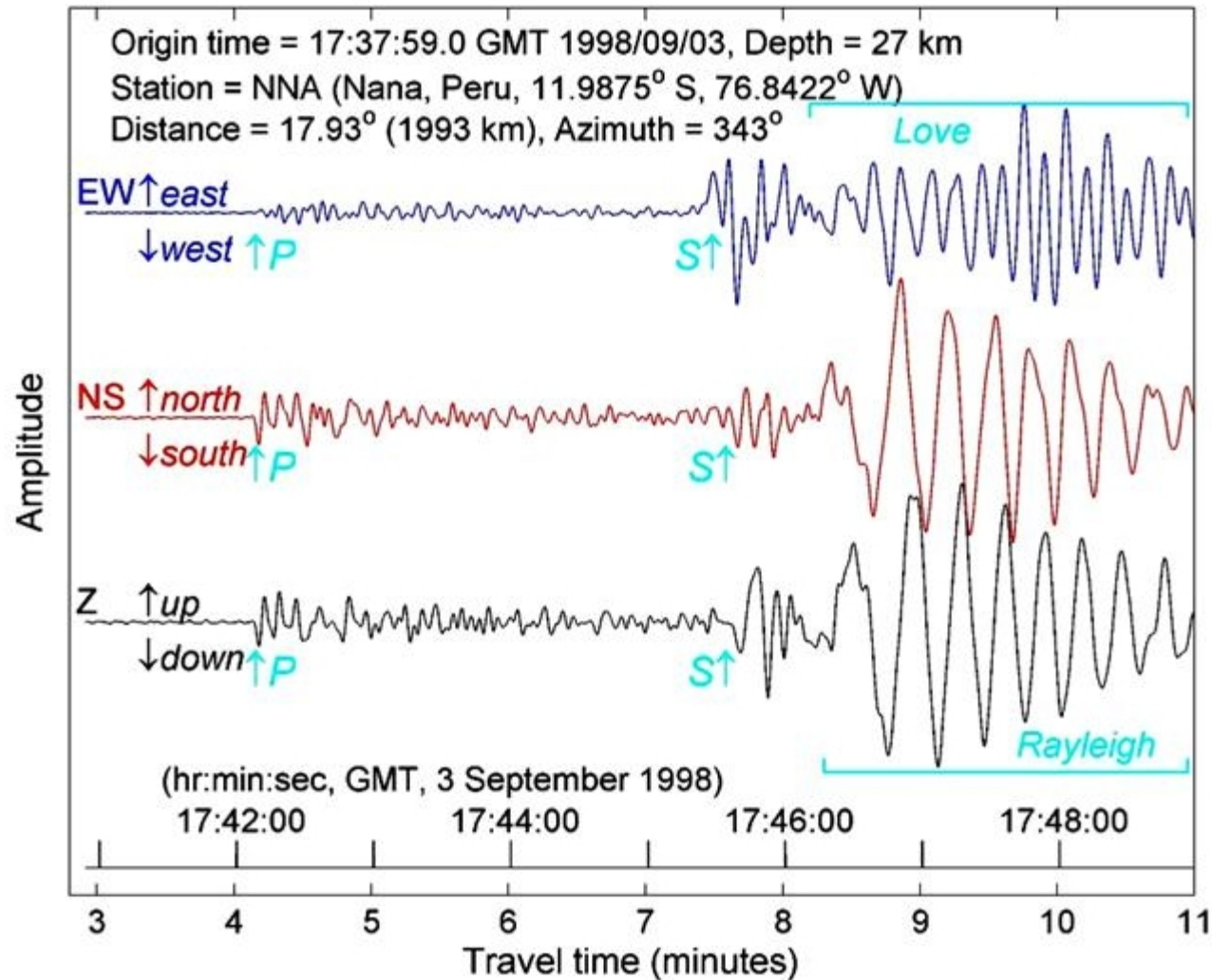


Tremor de Alcântaras, CE 19-02-2008

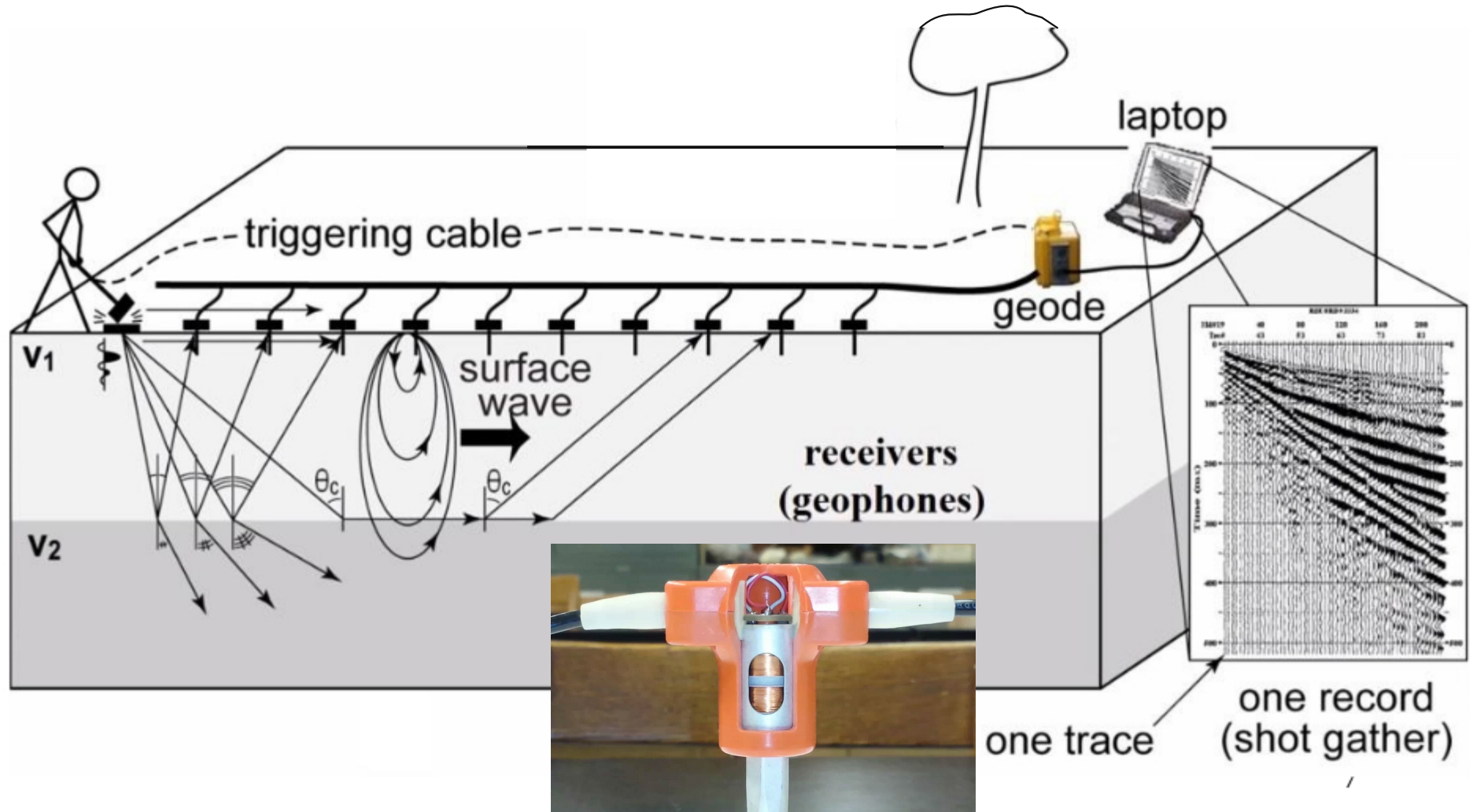
Projeto Milênio/CNPq - UFRN
Evento: Alcântaras-CE



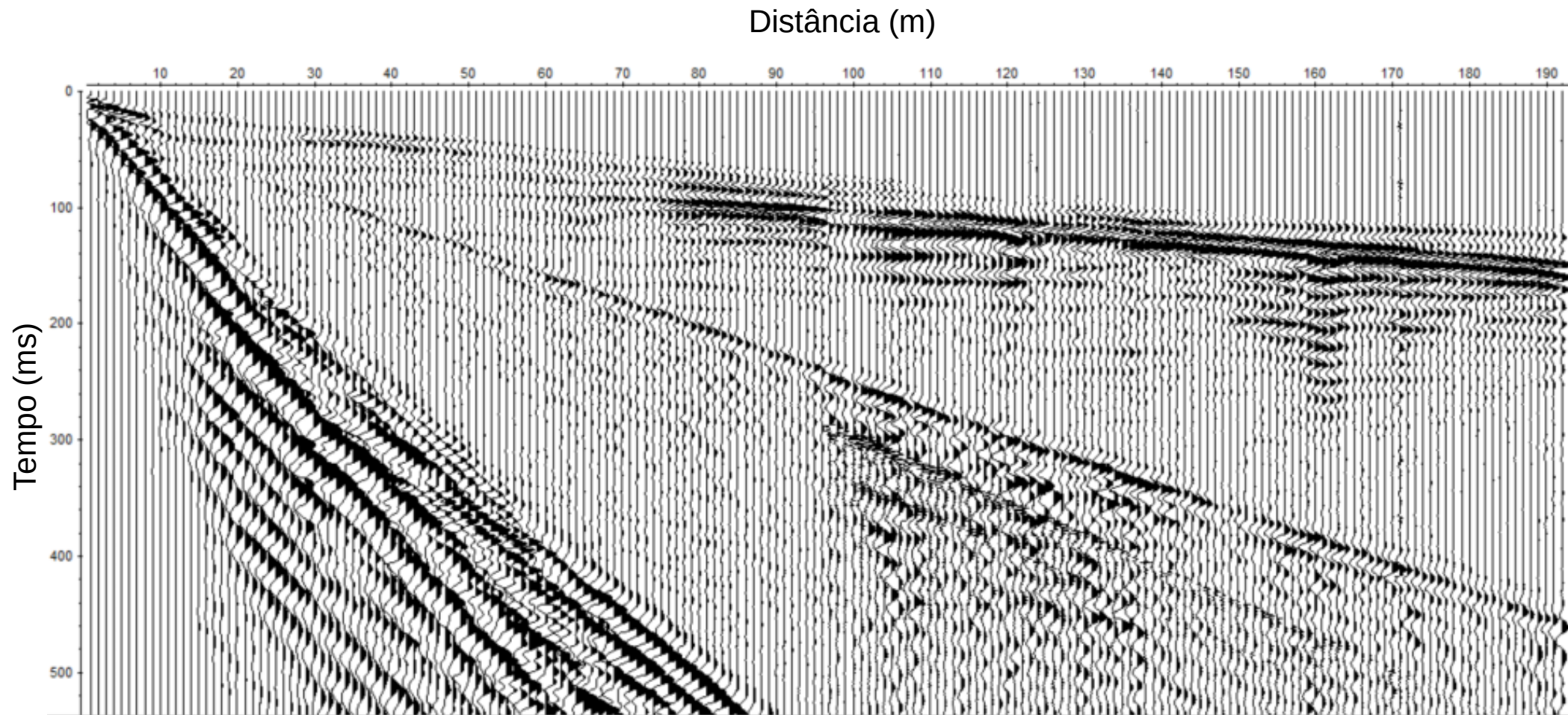
Magnitude 6.5 earthquake, near coast of central Chile, 29.2934° S, 71.5471° W



Para ilustrar os registros de um sismograma multicanal usual em Sísmica Aplicada (esse esquema é para Sísmica Rasa)

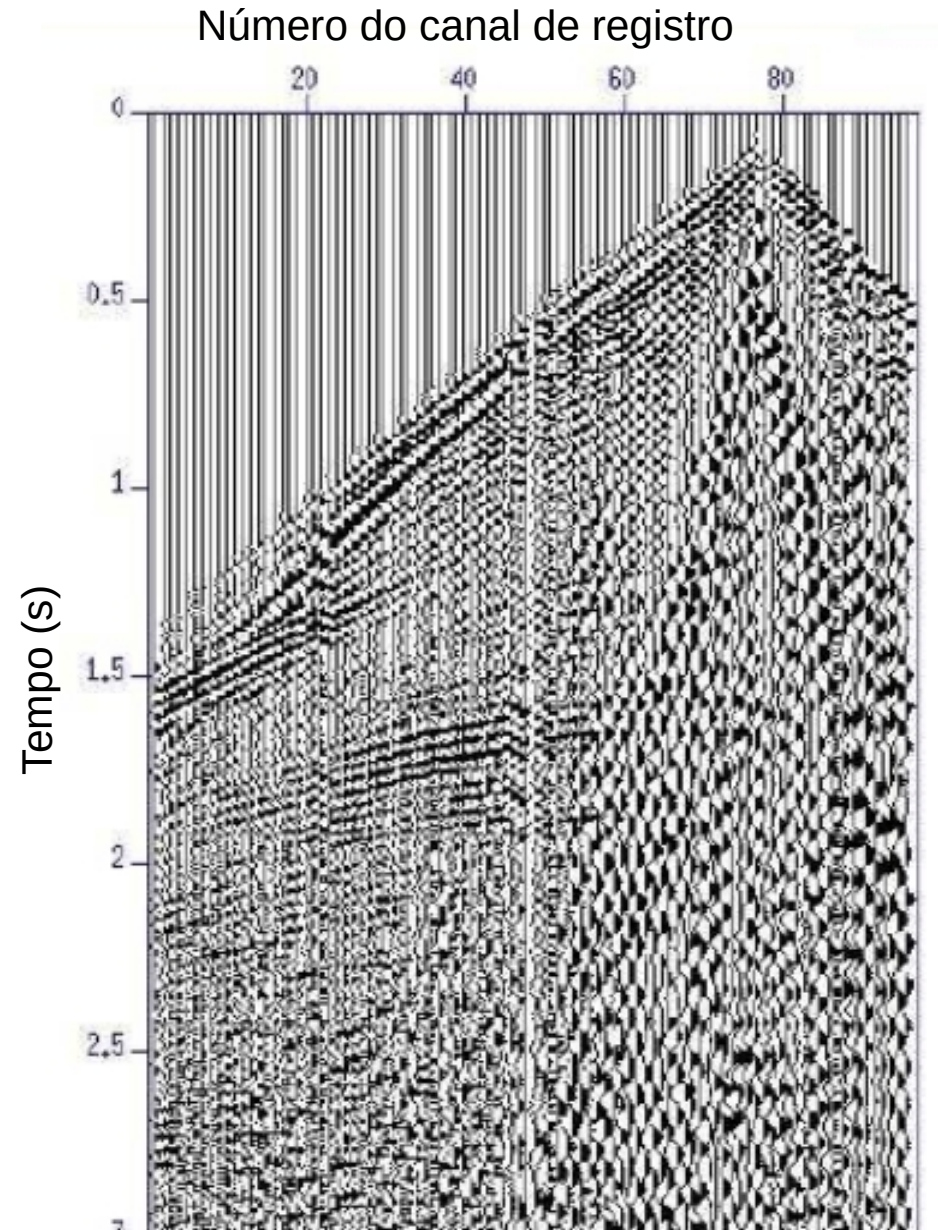


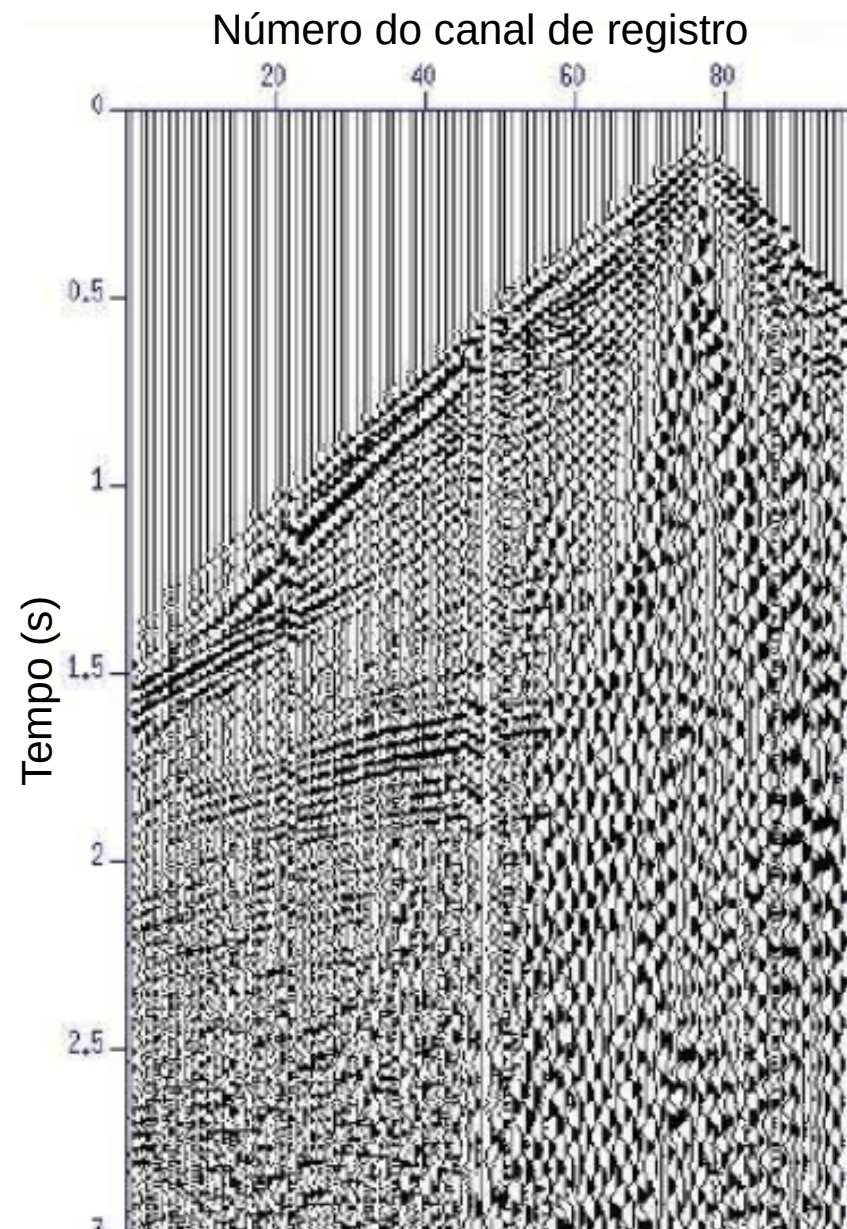
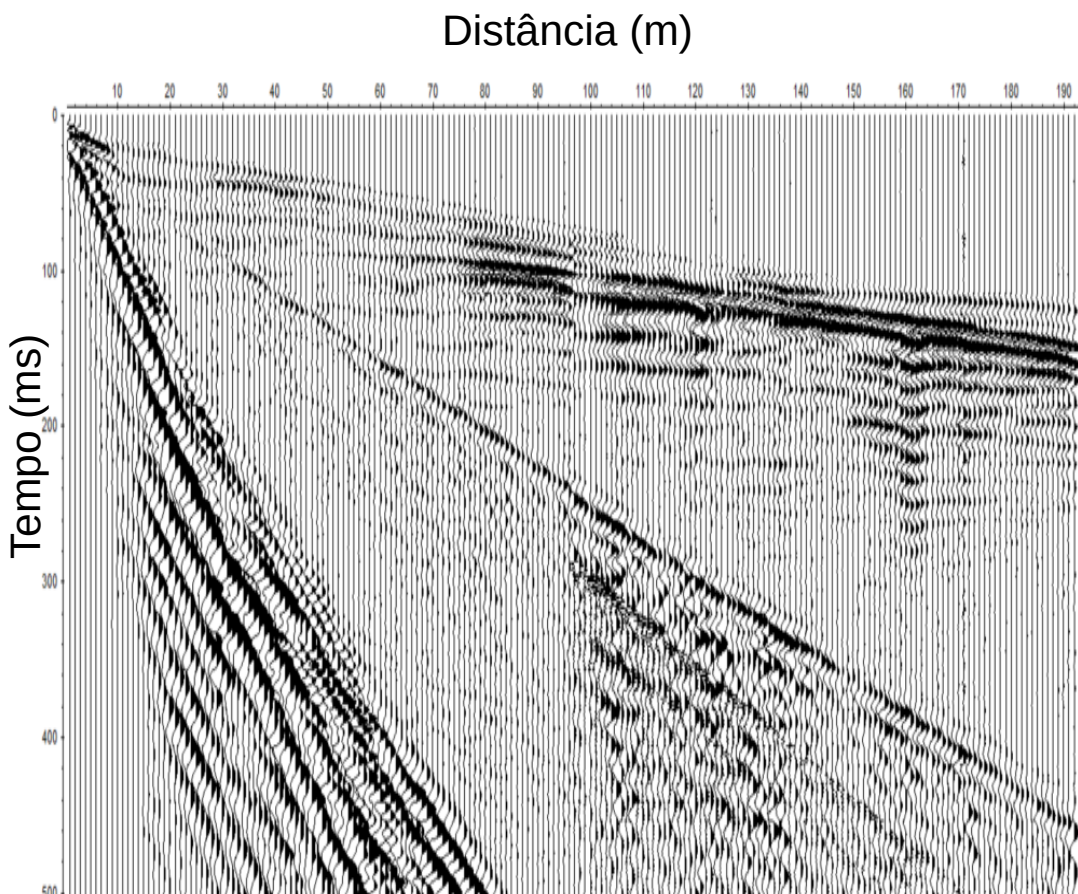
Sísmica Rasa



Exemplo de um sismograma para investigações mais profundas

A apresentação dos dados é a mesma, mas os equipamentos (fonte, frequência do geofone), dimensões dos arranjos de campo e parâmetros de aquisição são diferentes.





EXERCÍCIOS