

AGG116 / 2020

Introdução à Geofísica II

Introdução aos
Métodos Sísmicos
Aula 3

Profa. Liliana Alcazar Diogo

liliana.diogo@iag.usp.br

Introdução aos Métodos Sísmicos:

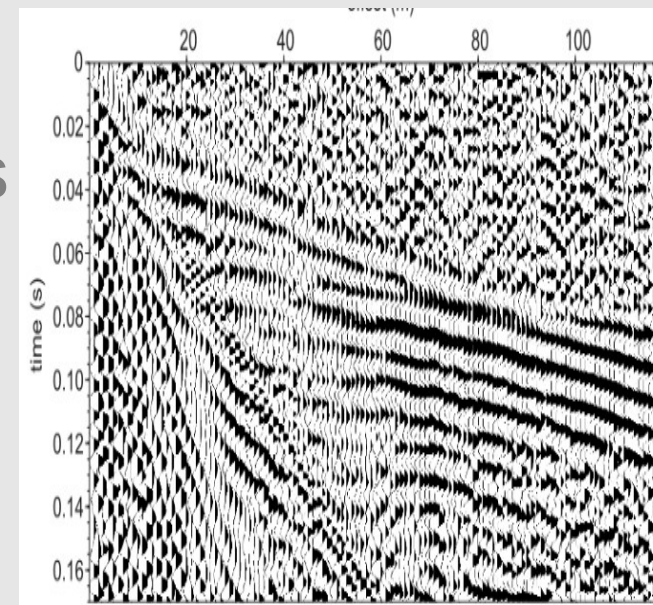
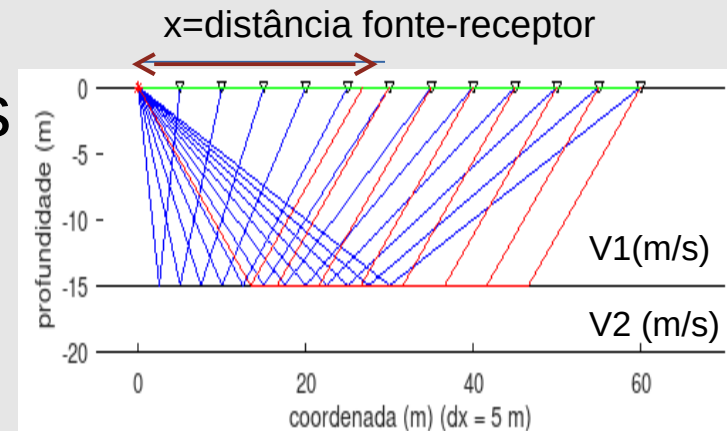
Tópicos que serão abordados neste curso

- Conceitos iniciais sobre a propagação das ondas sísmicas (ondas elásticas)

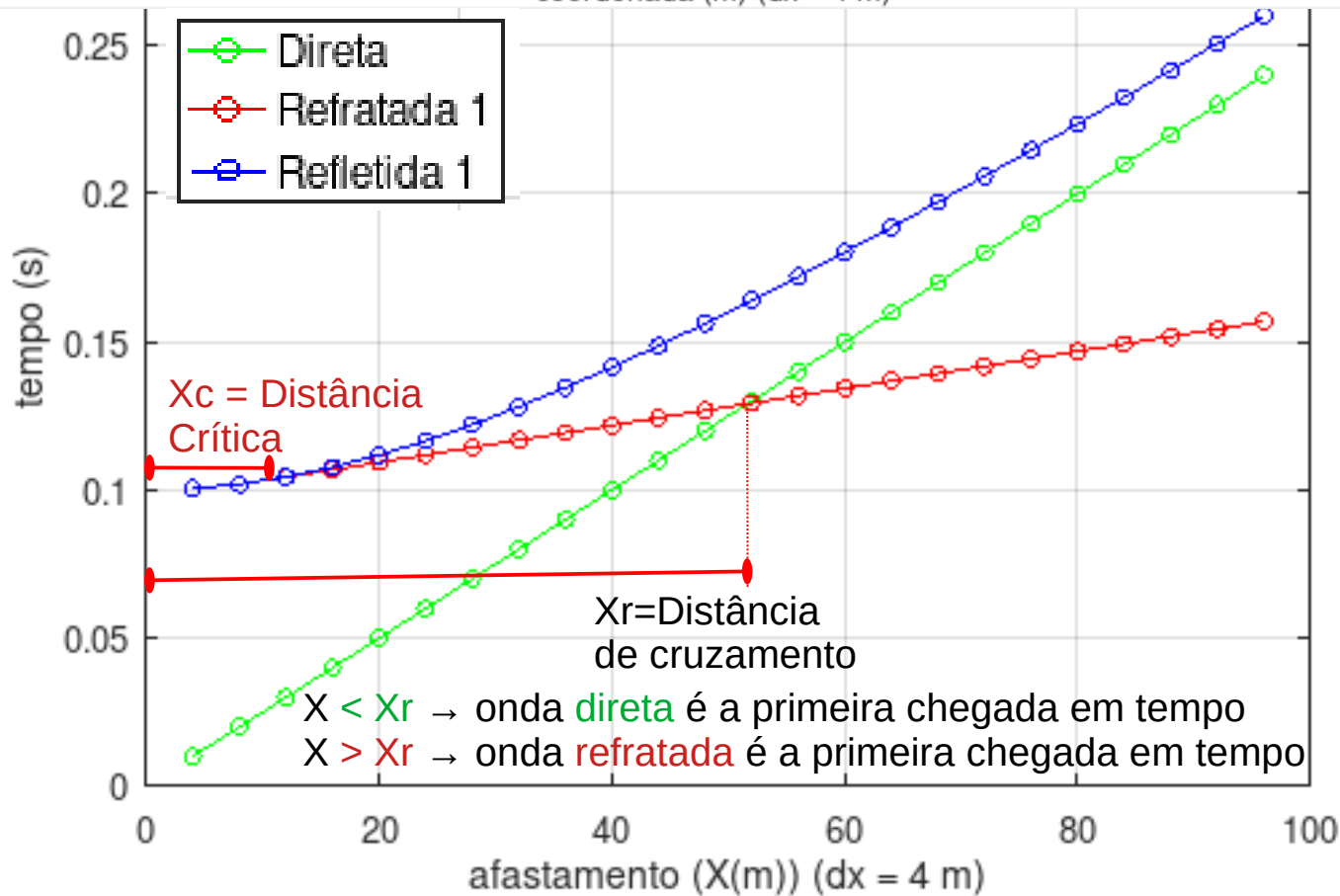
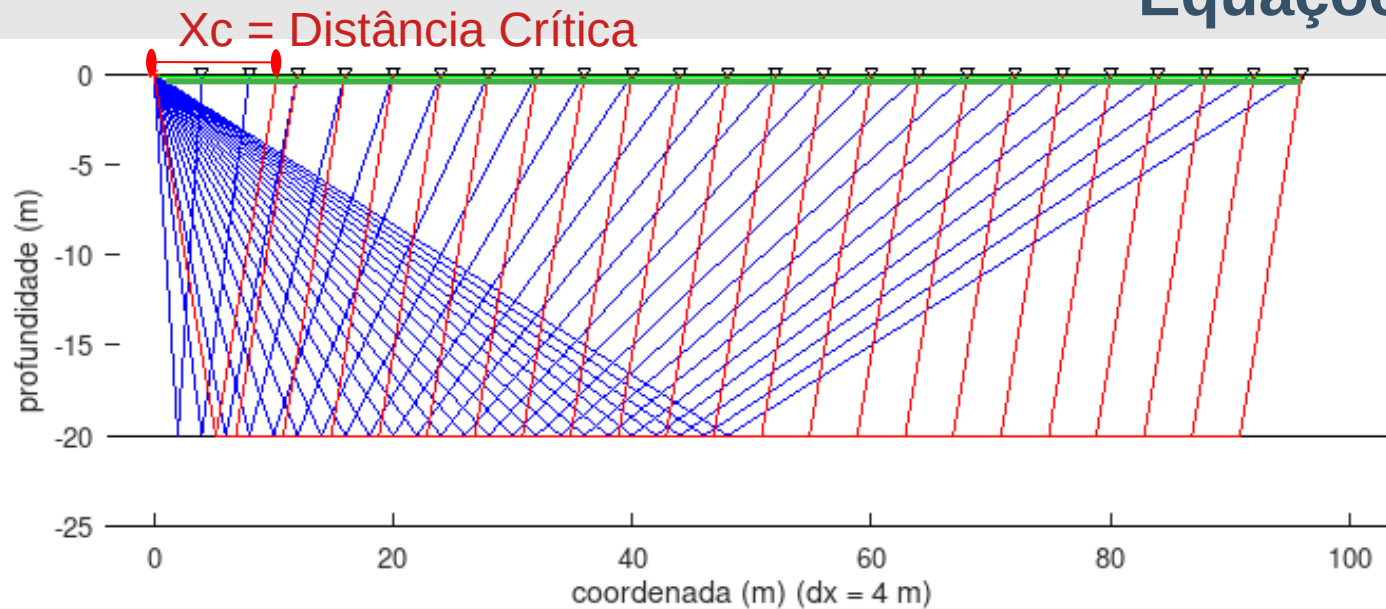
- Geometria do caminho percorrido pelas ondas em subsuperfície e a relação do tempo de viagem e o modelo geológico

- Registros sísmicos:

- aquisição de dados sísmicos
- interpretação das chegadas das ondas nos sismogramas
- interpretação da geologia em subsuperfície a partir da informação dos tempos de chegada das ondas sísmicas



Equações tempo-distância (t(x))



onda direta:

$$t(x) = \frac{X}{V_1}$$

onda refratada
(refração crítica):

$$t(x) = \frac{x}{V_2} + \frac{2h \cos i}{V_1}$$

onda refletida

$$t^2(x) = t_0^2 + \frac{X^2}{V_1^2}$$

$$t_0 = \frac{2h}{V_1}$$

Equações tempo-distância (t(x)) modelo de 2 camadas

*Equação da Onda Refratada
na segunda interface*

$$t_3 = \frac{X}{V_3} + \frac{2h_1 \cos(i_{13})}{V_1} + \frac{2h_2 \cos(i_{23})}{V_2}$$

$$i_{ab} = \arcsen\left(\frac{V_a}{V_b}\right)$$

*Equação aproximada da Onda Refletida
para N camadas*

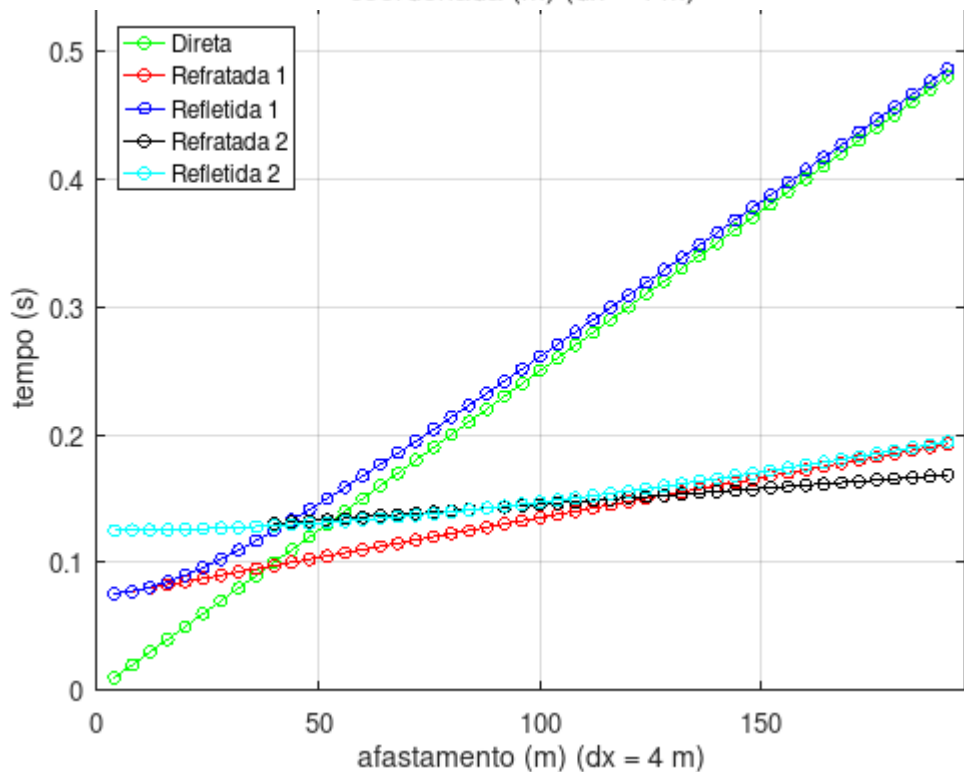
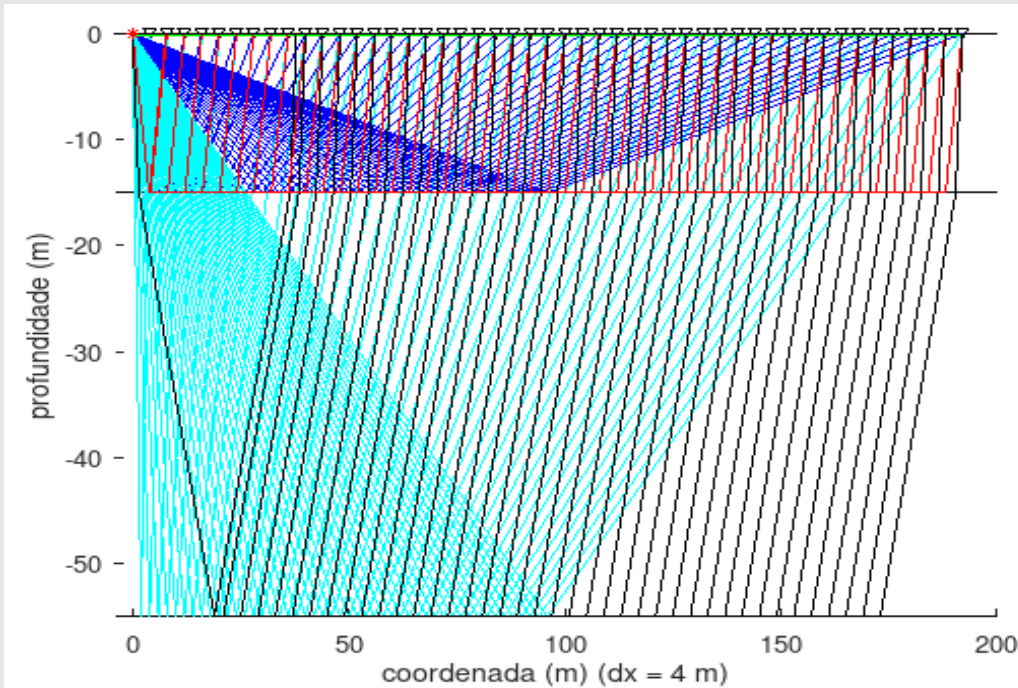
$$t^2(x) = t_0^2 + \frac{X^2}{V_{RMS}^2}$$

$$t_0 = \sum_{n=1}^N \Delta t_{0n} \quad \Delta t_{0n} = \frac{2h_n}{V_n}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N V_n^2 \Delta t_{0n}}{t_{0n}}}$$

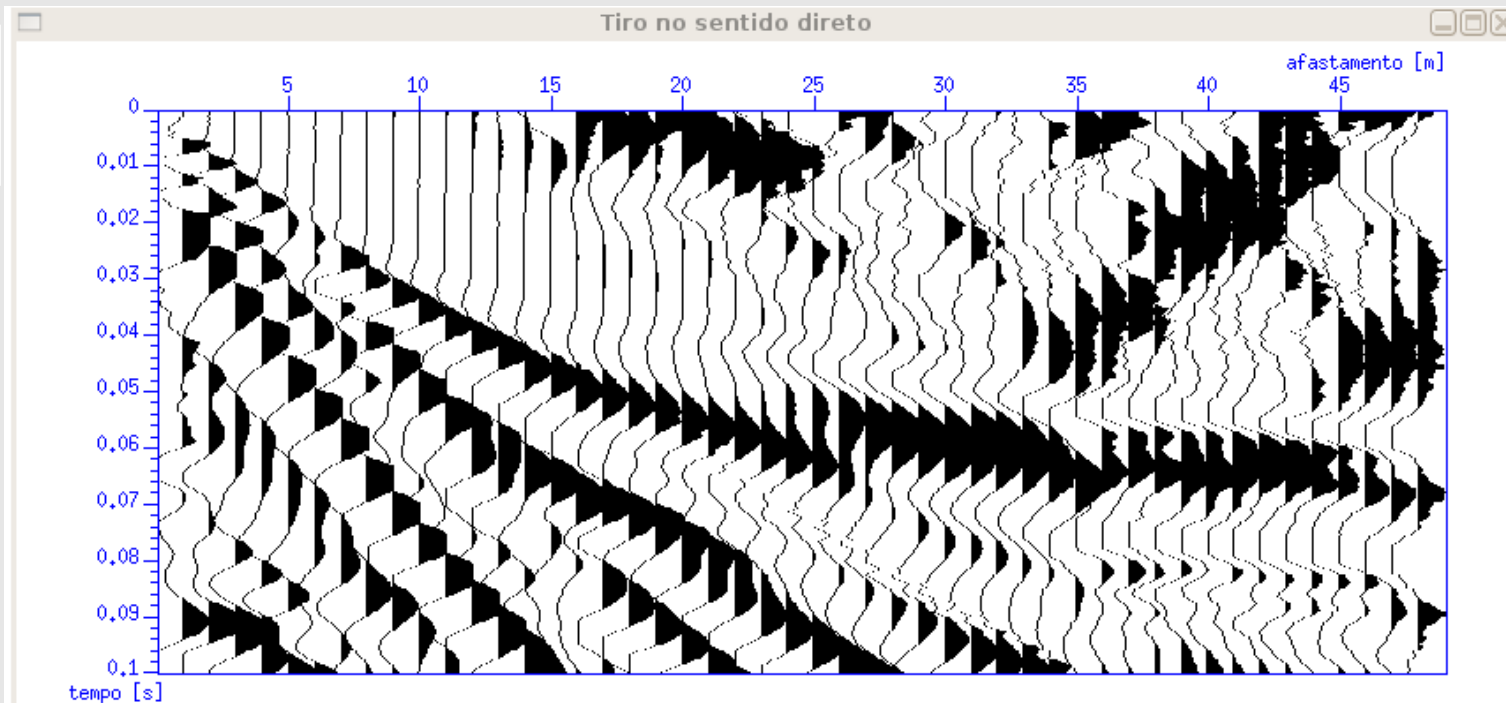
n = número da camada

N = número de camadas do modelo (N = 2)



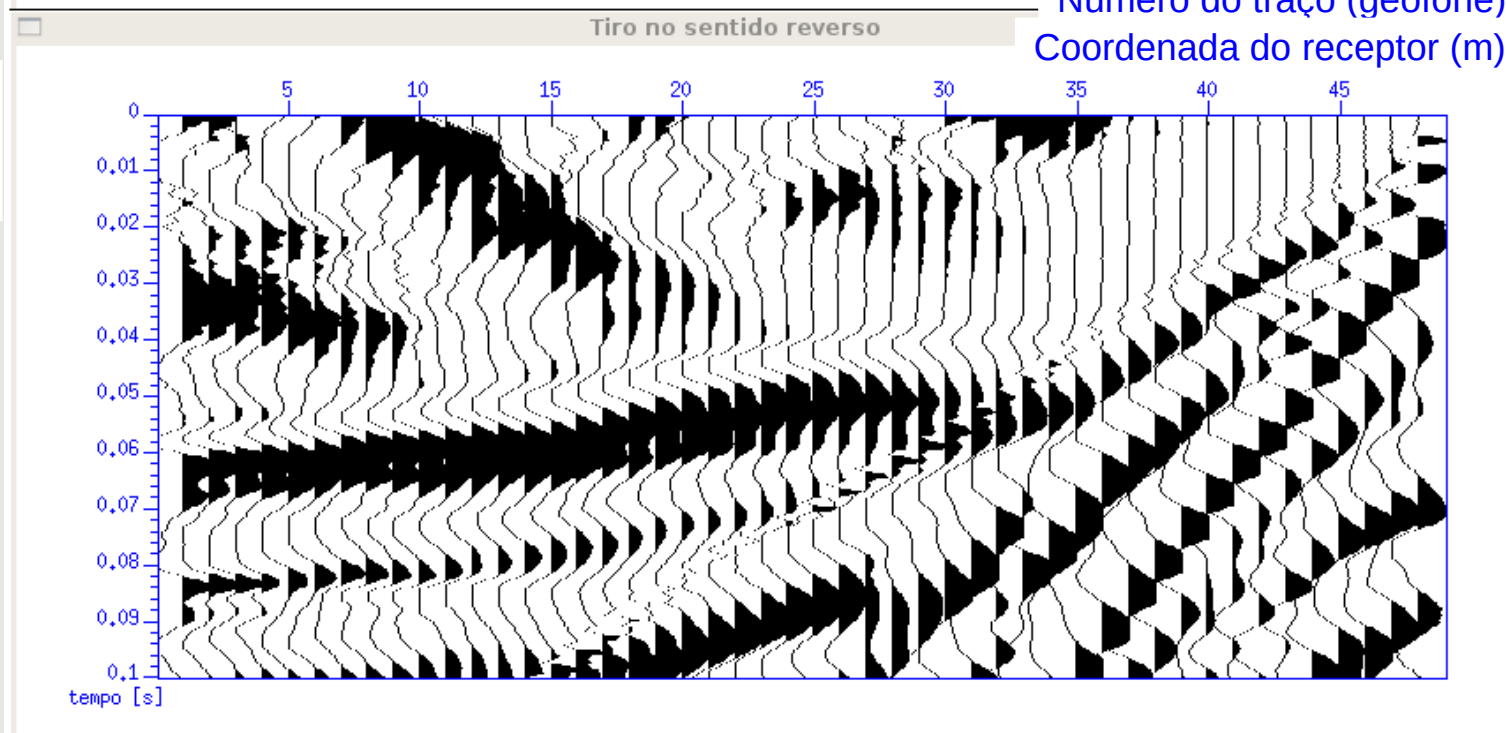
Tudo isso é teoria!
Como são os dados sísmicos ??

Tiro no
sentido
Direto



Número do traço (geofone)
Coordenada do receptor (m)

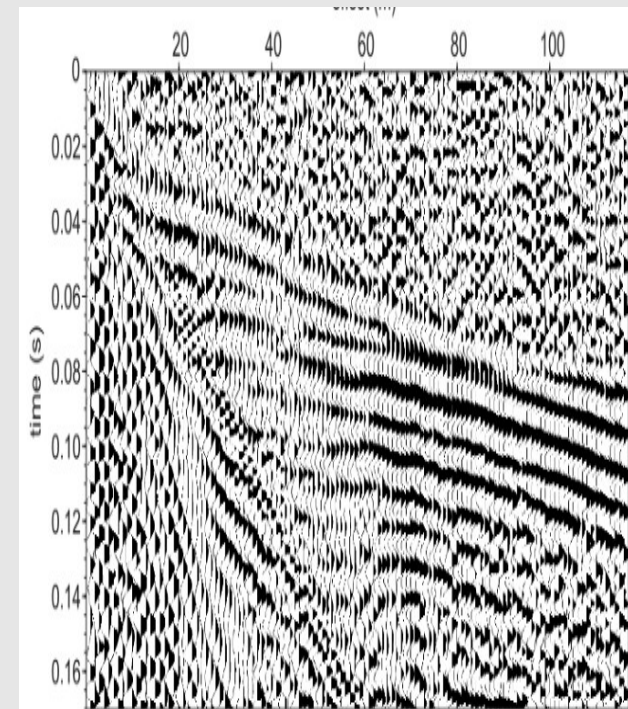
Tiro no
sentido
Reverso



Introdução aos Métodos Sísmicos:

Tópicos que serão abordados neste curso

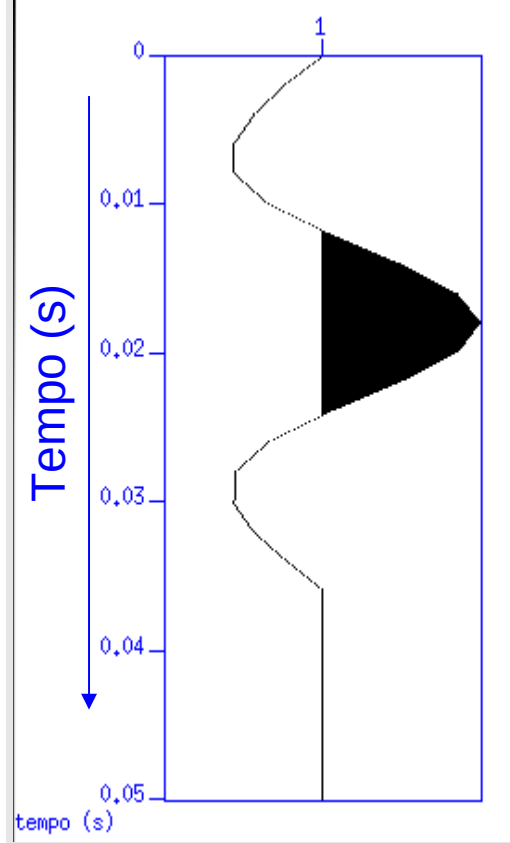
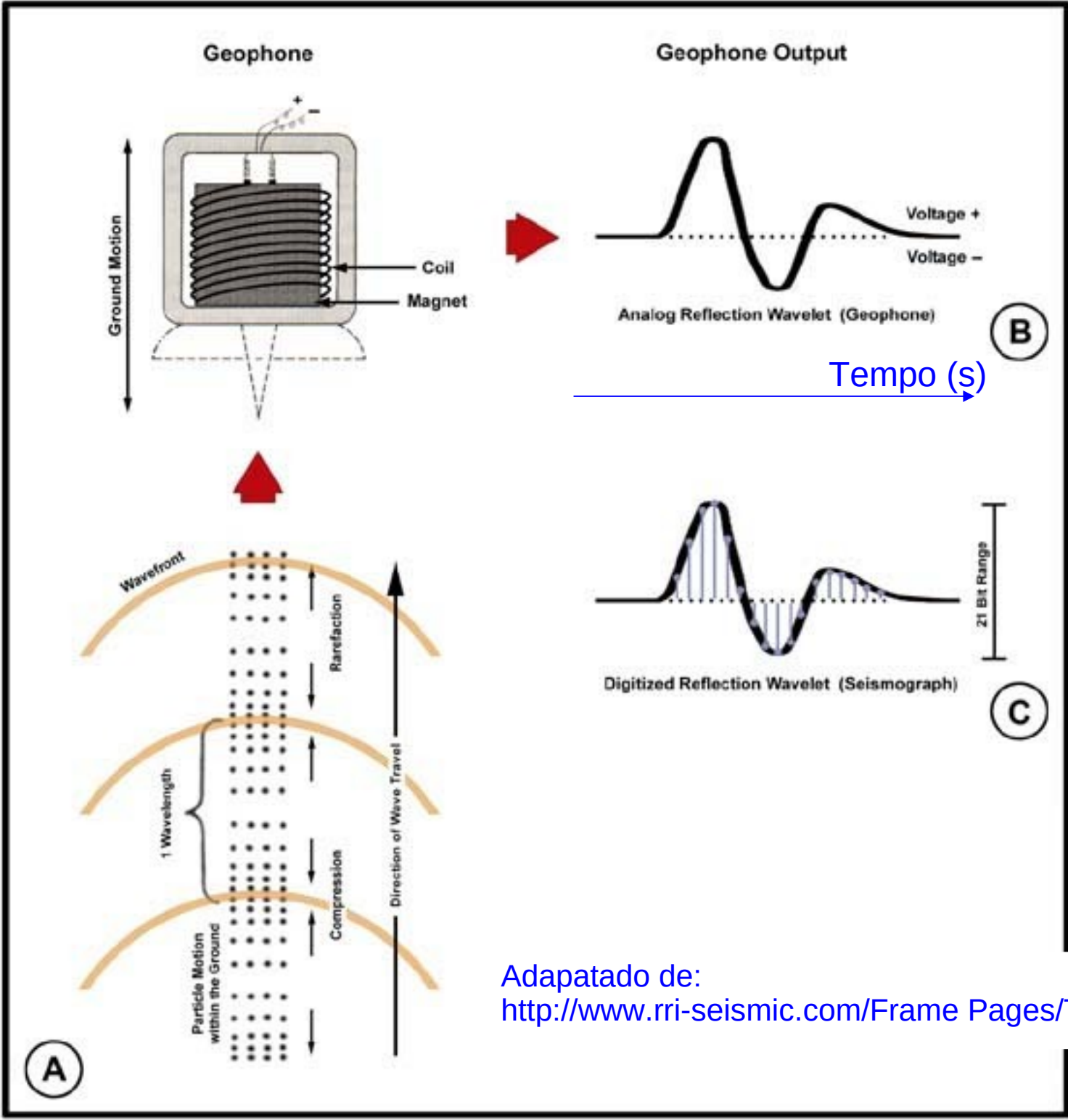
- Conceitos iniciais sobre a propagação das ondas sísmicas (ondas elásticas)
- Geometria do caminho percorrido pelas ondas em subsuperfície e a relação do tempo de viagem e o modelo geológico
- Registros sísmicos:
 - aquisição de dados sísmicos
 - interpretação das chegadas das ondas nos sismogramas
 - interpretação da geologia em subsuperfície a partir da informação dos tempos de chegada das ondas sísmicas



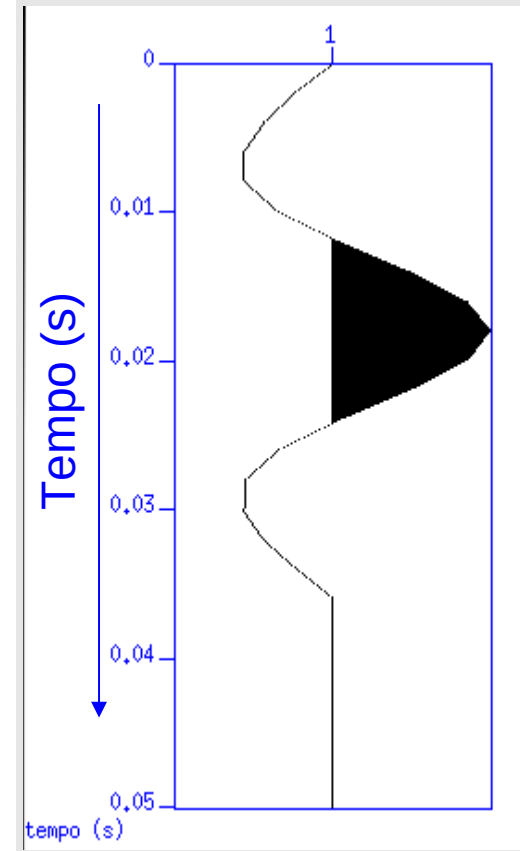
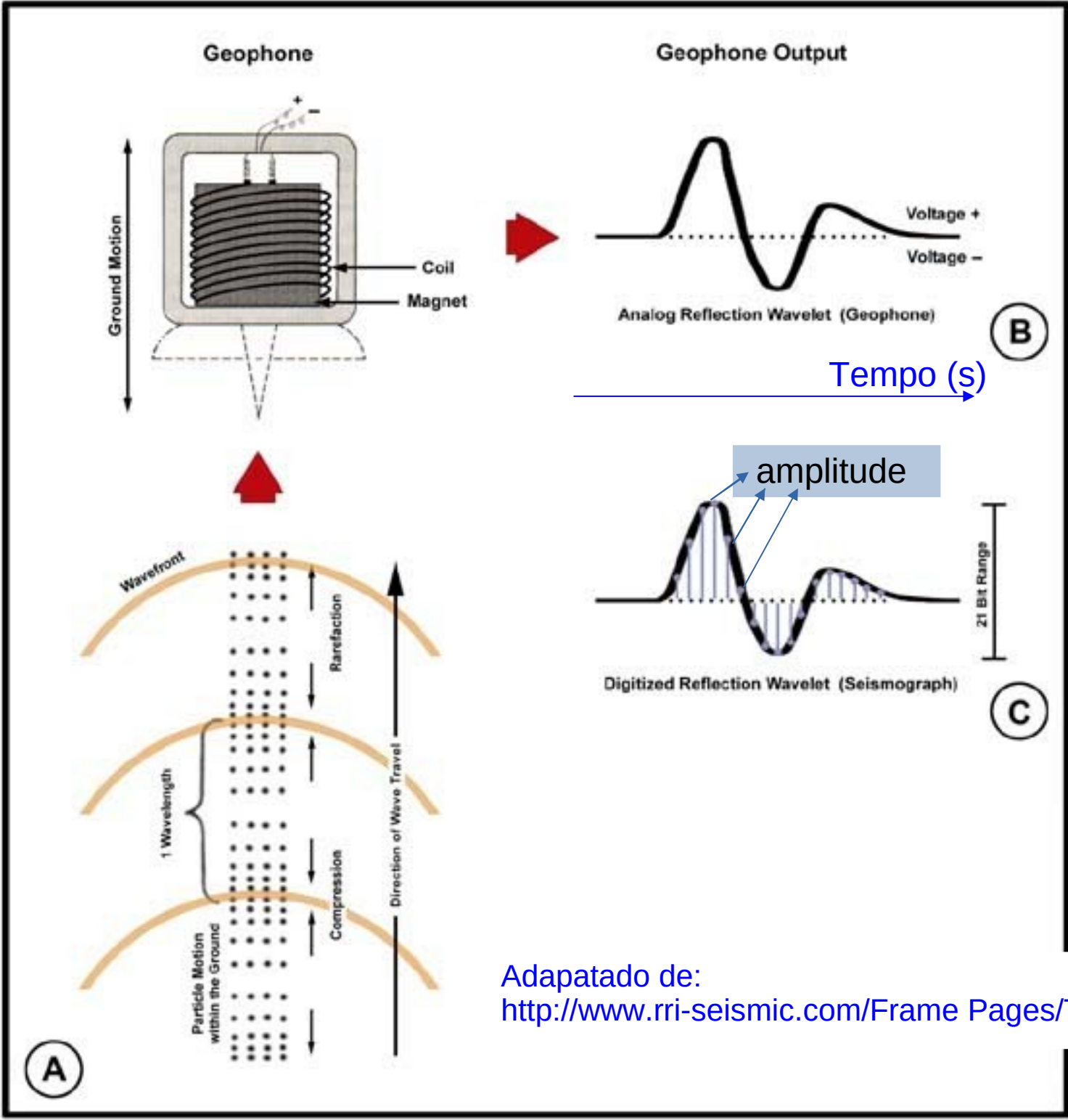


Geofone vertical (de uma componente)

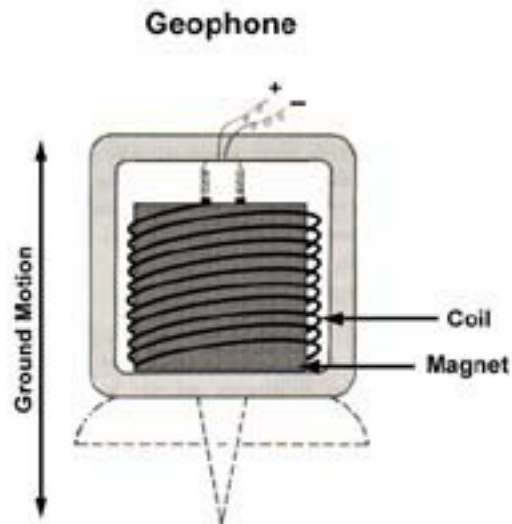
Mede a componente vertical do movimento do solo
(onda P, principalmente)



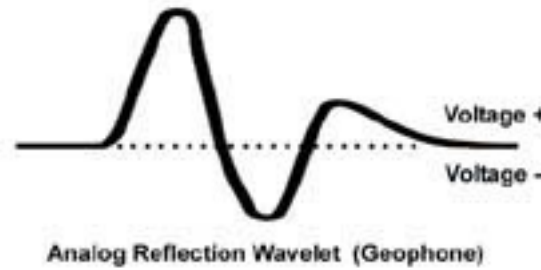
Adaptado de:
<http://www.rri-seismic.com/Frame Pages/Tech Pages/Seismic>



Adaptado de:
<http://www.rri-seismic.com/Frame Pages/Tech Pages/Seismic>

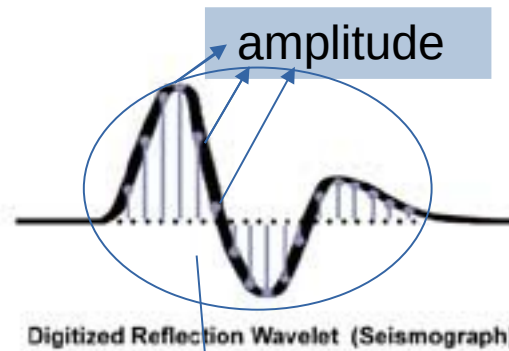


Geophone Output



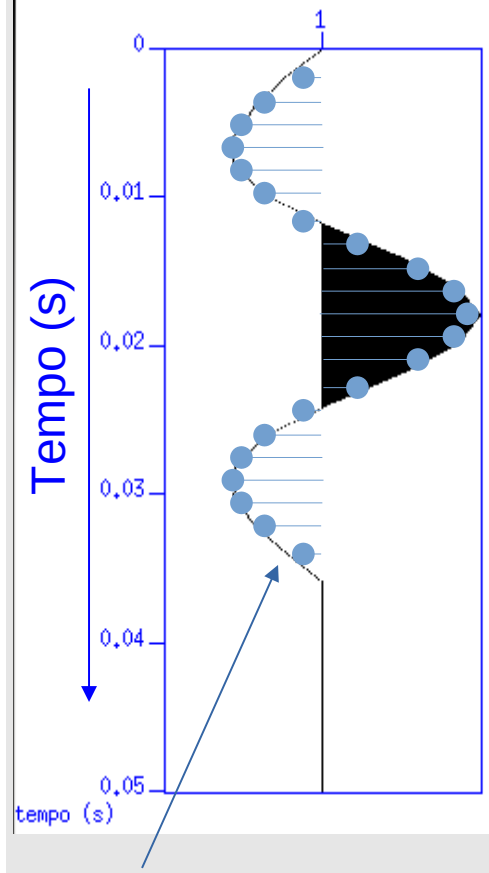
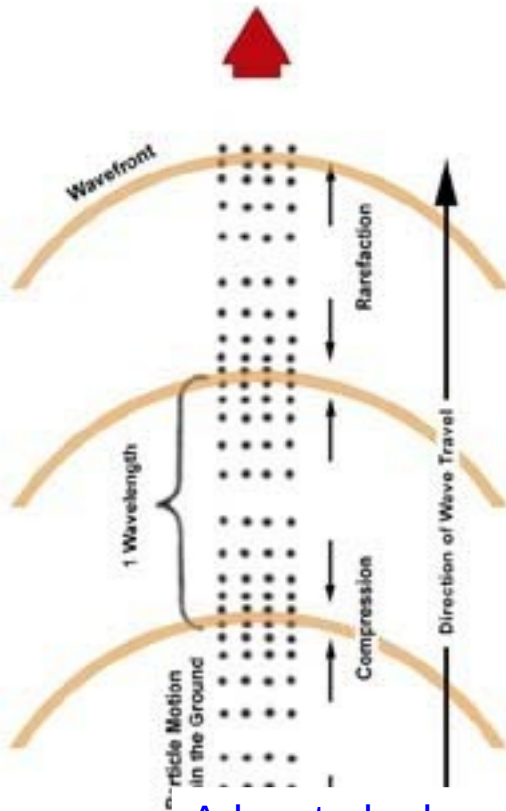
(B)

Tempo (s)



(C)

(wavelet)
Pulso sísmico
ou
Forma de onda

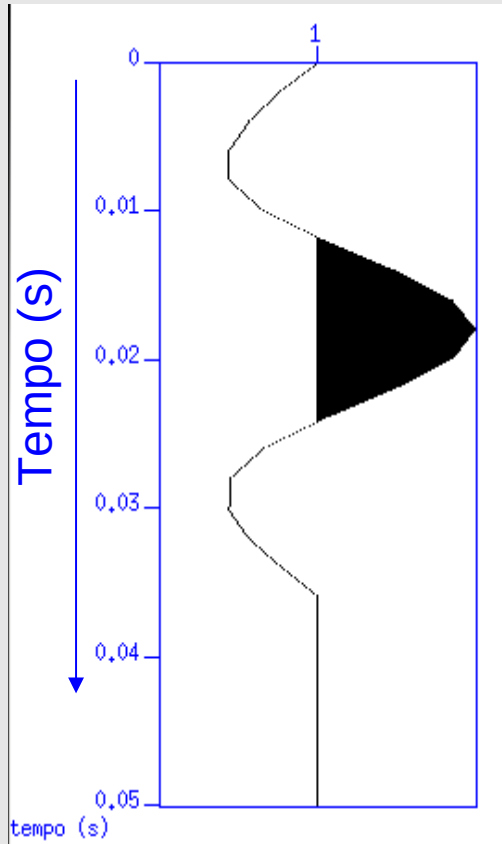


Pulso sísmico mais parecido com o tipo de dados que coletamos, e com o tipo de representação padrão (tempo para baixo e amplitudes positivas pintadas de preto)

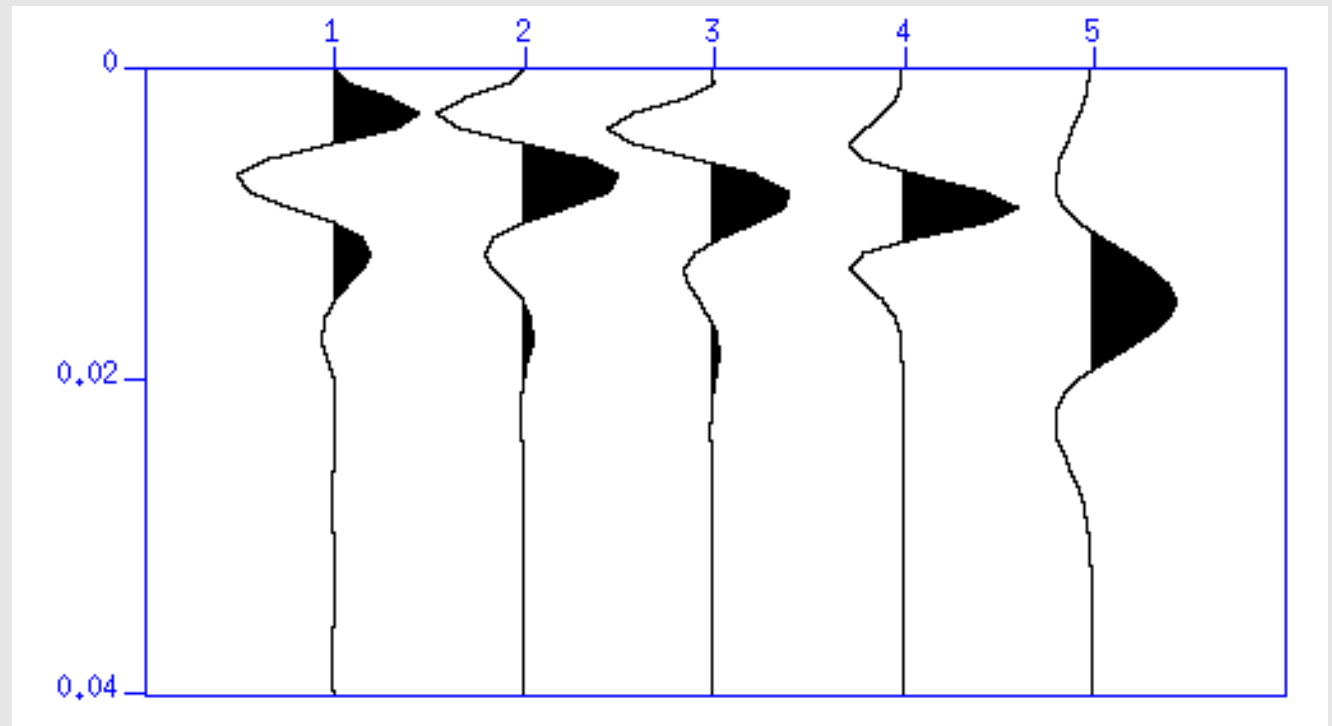
Adapatado de:
<http://www.rr-seismic.com/Frame Pages/Tech Pages/Seismic>

(A)

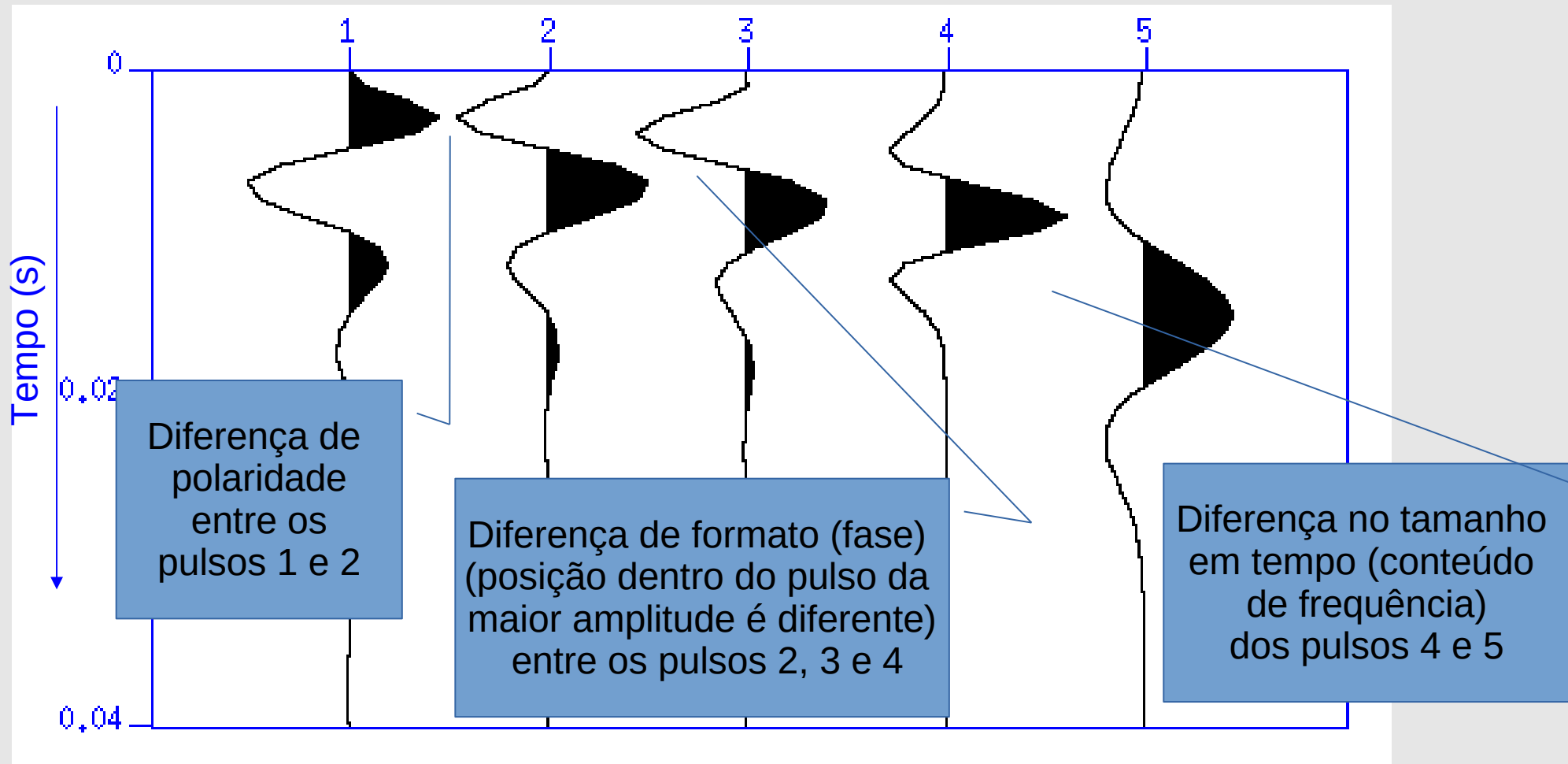
Alguns fatores que influenciam o formato do pulso sísmico (assinatura da onda (*wavelet*))



- Tipo de fonte sísmica
- Frequência natural do geofone
- Acoplamento do geofone no solo
- Efeitos da propagação da onda sísmica em subsuperfície



Exemplos de diferentes formatos do pulso sísmico (assinatura da onda (*wavelet*))

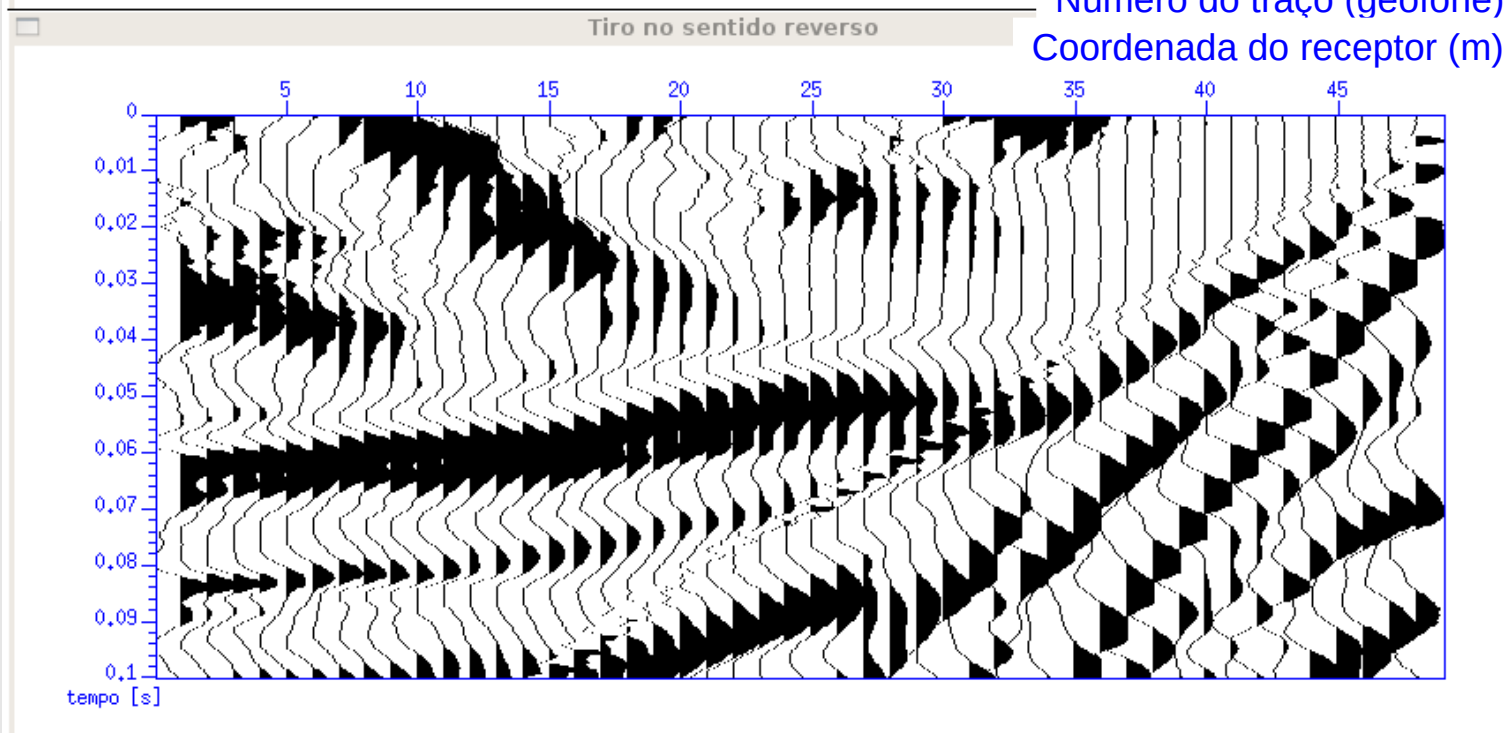


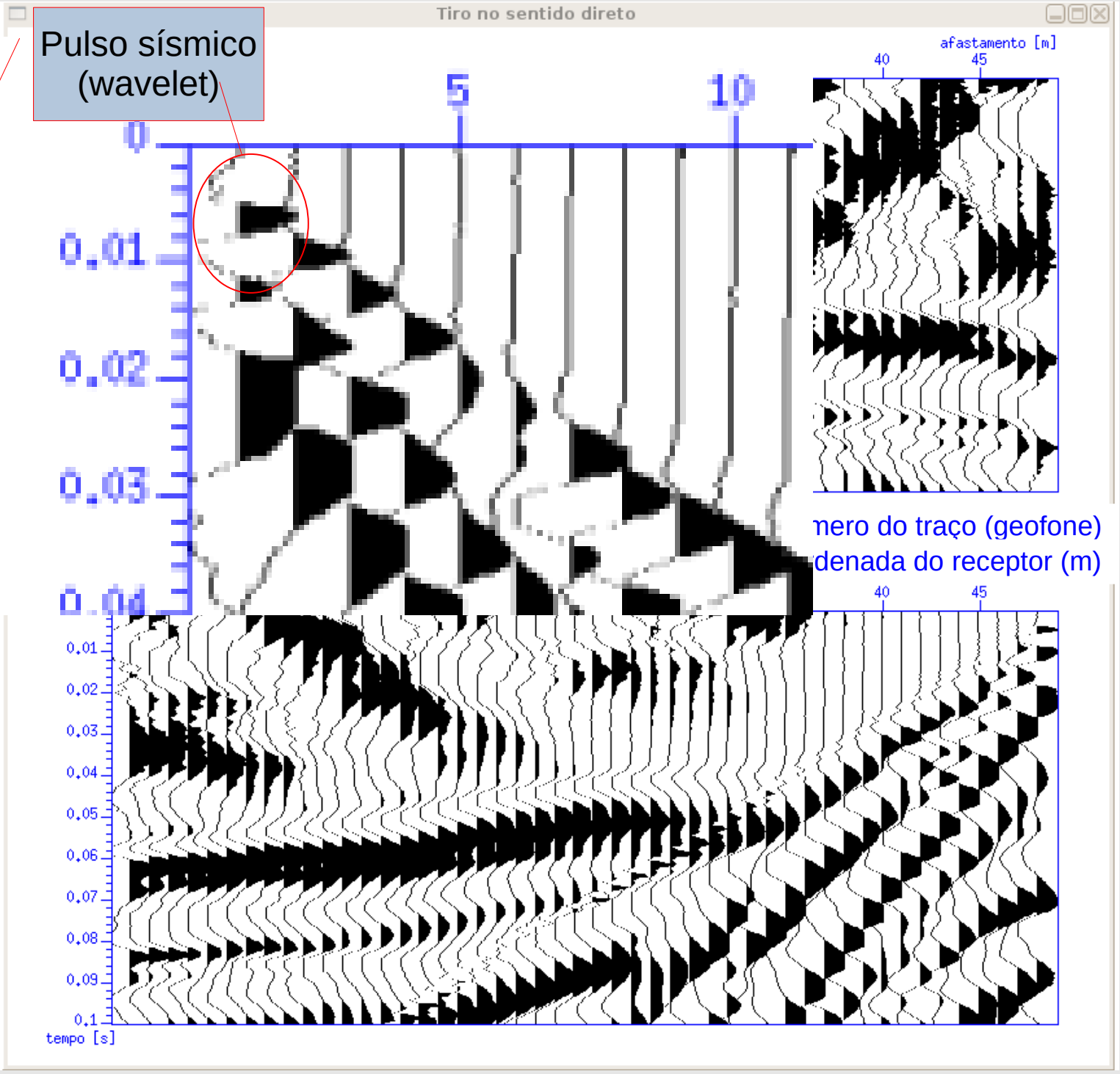
Tiro no sentido Direto



Número do traço (geofone)
Coordenada do receptor (m)

Tiro no sentido Reverso





Tiro no sentido Direto

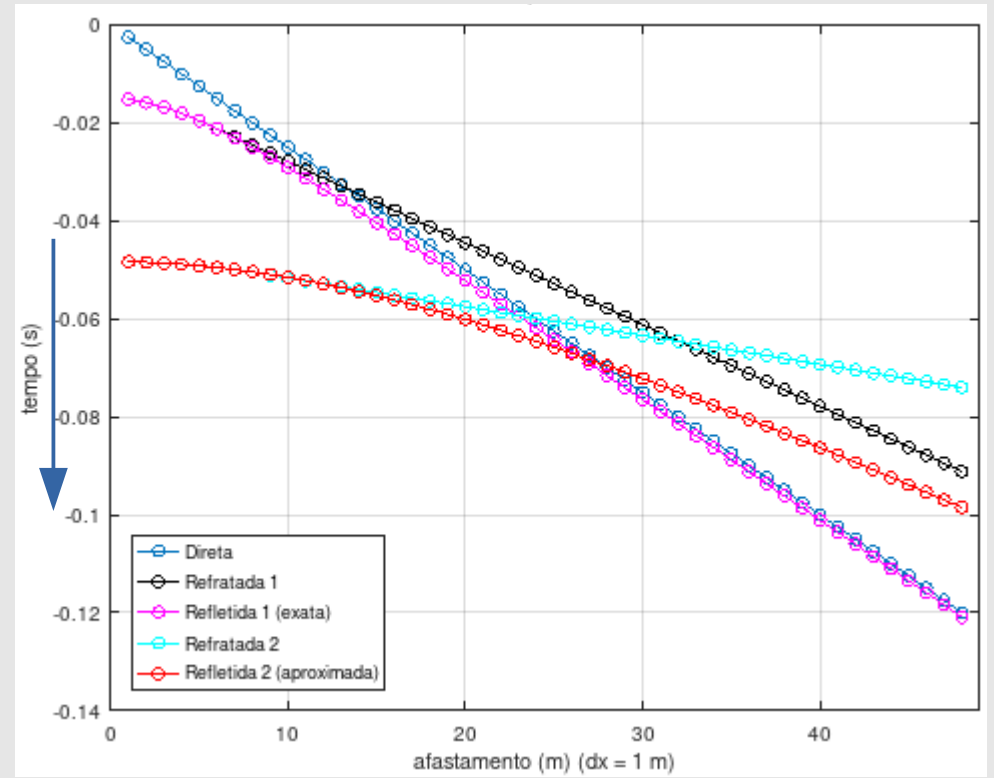
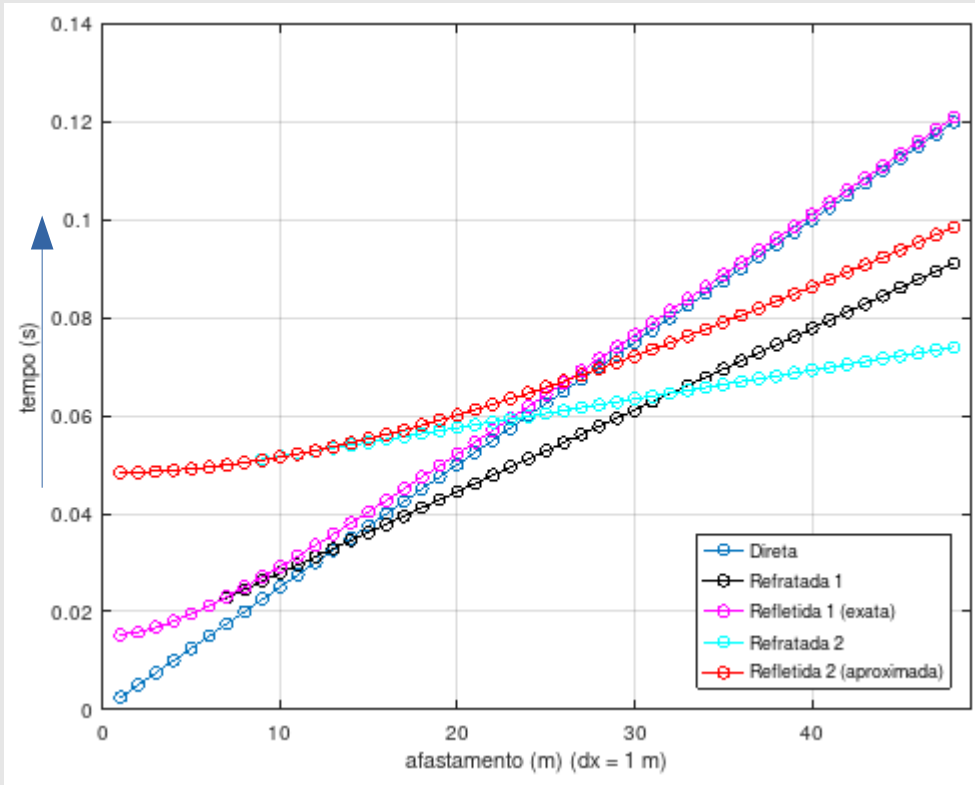
Pulso sísmico (wavelet)

Tiro no sentido Reverso

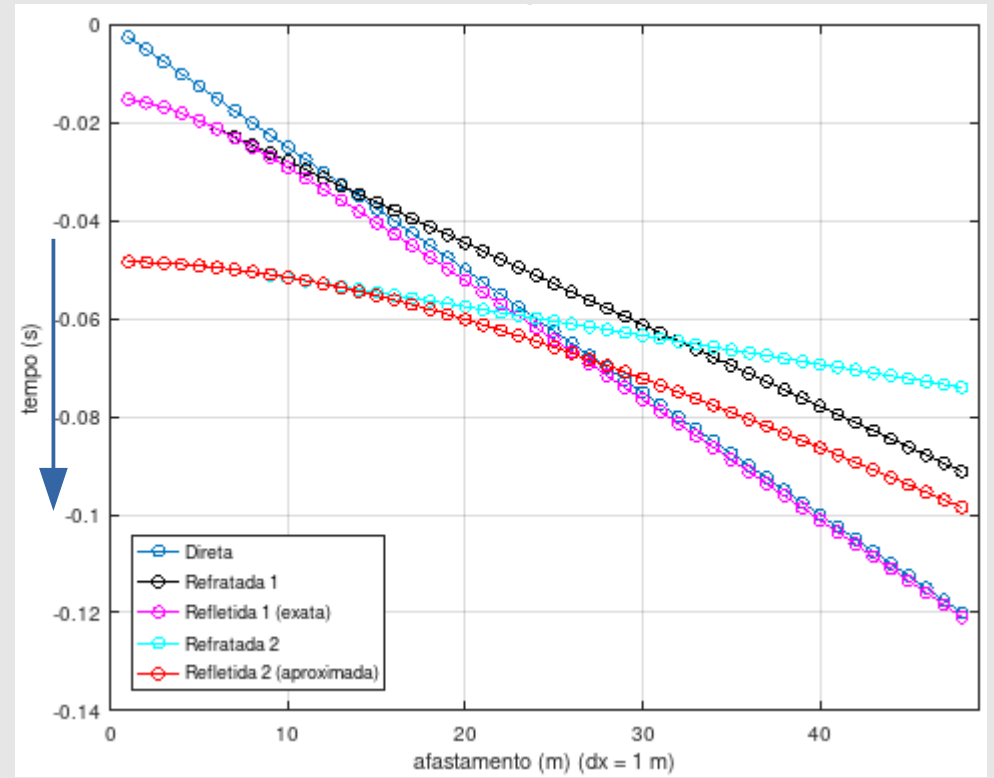
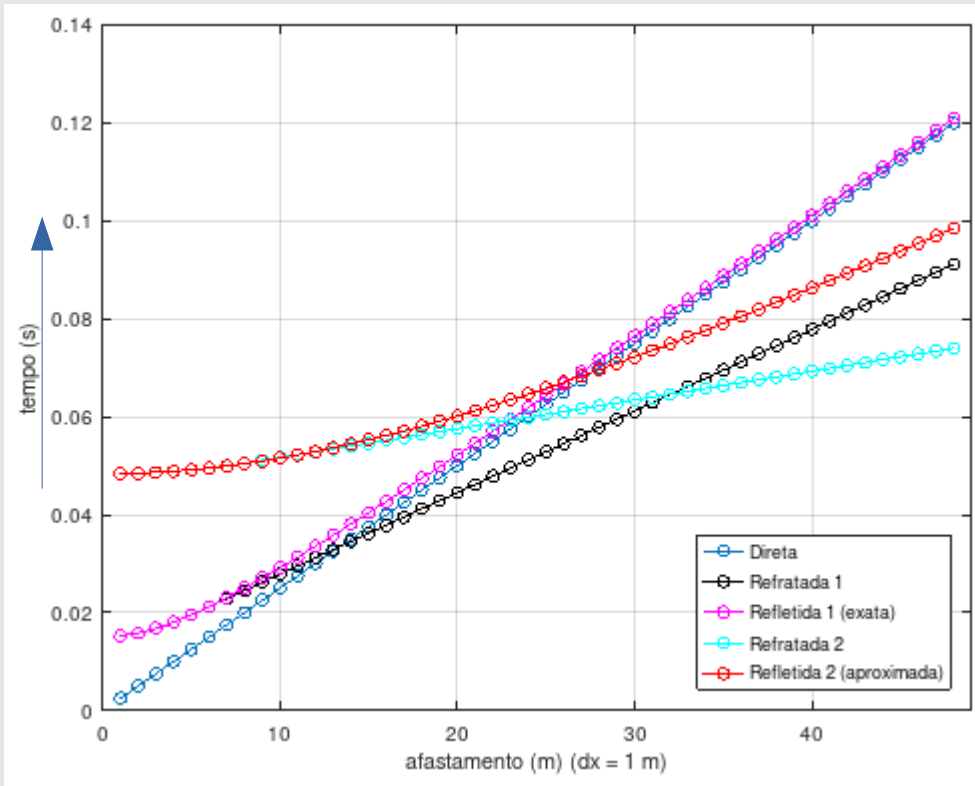
nero do traço (geofone) denada do receptor (m)

Sismogramas adquiridos em aula prática de campo na disciplina AGG0116

Para continuar no entendimento do “sismogramas”, vamos lembrar da “teoria”: das curvas de tempo-distância da propagação das ondas

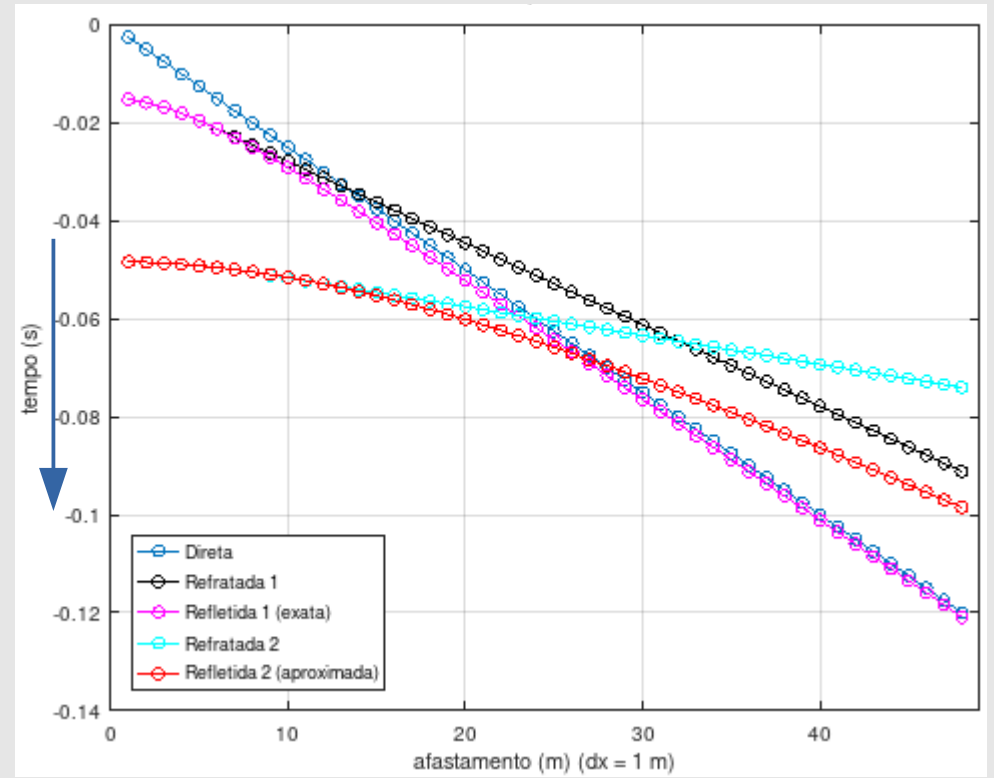
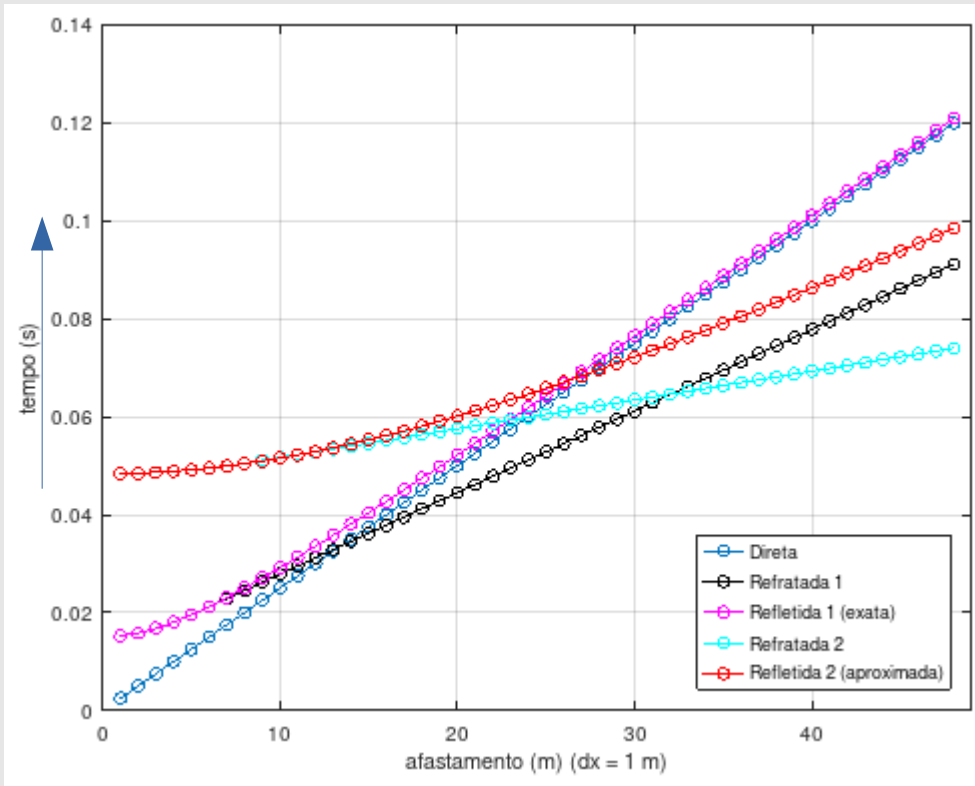


Para continuar no entendimento do “sismogramas”, vamos lembrar da “teoria”: das curvas de tempo-distância da propagação das ondas



Agora lembrando que cada “bolinha” nas curvas acima, na escala horizontal representa a posição de um geofone. Cada geofone está afastado do valor de “x” da fonte, distâncias para as quais foram calculados os tempos utilizando as curvas teóricas ($t(x)$)

Para continuar no entendimento do “sismogramas”, vamos lembrar da “teoria”: das curvas de tempo-distância da propagação das ondas



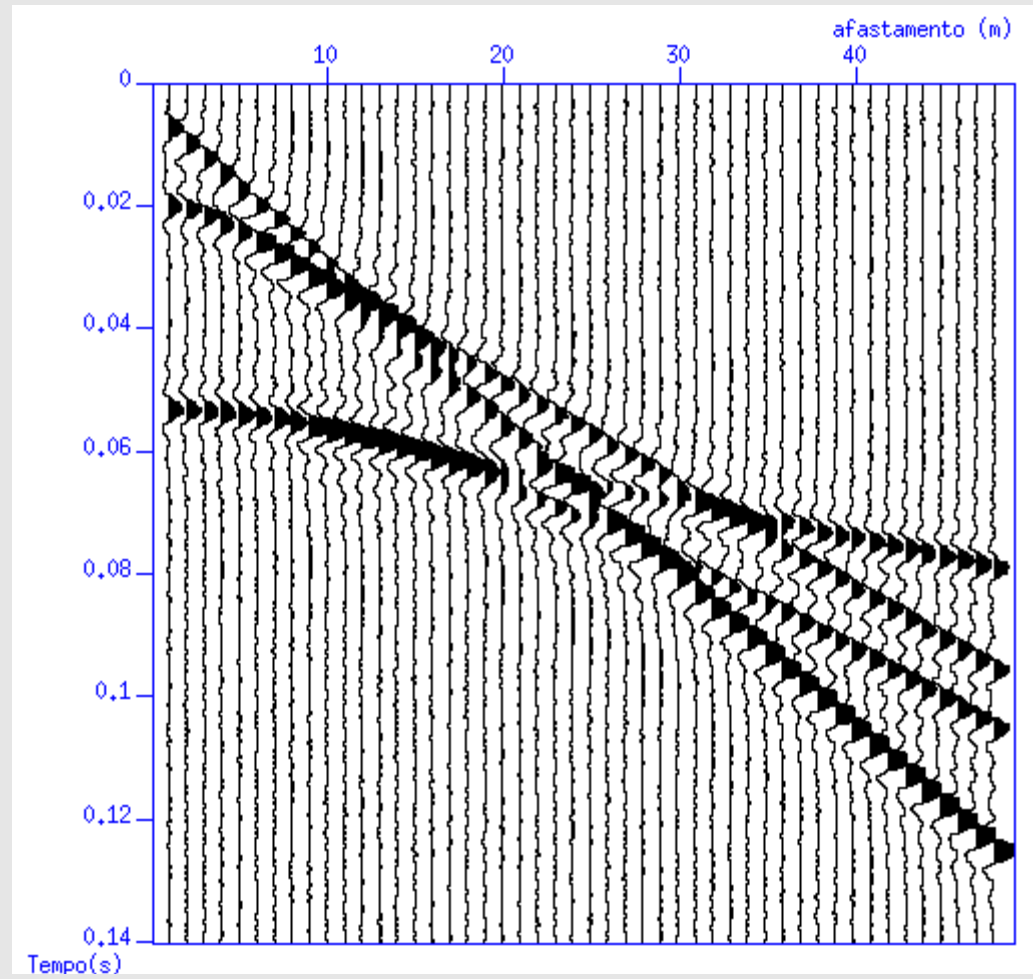
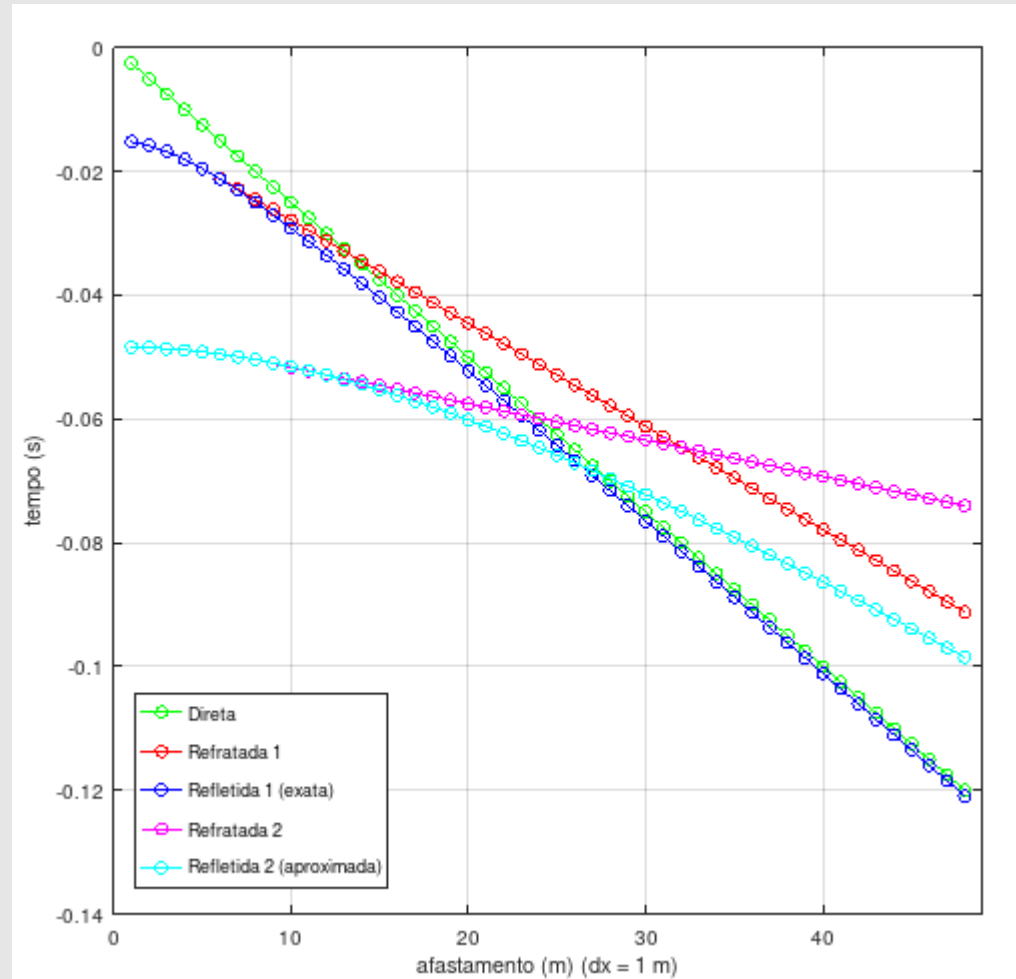
Agora lembrando que cada “bolinha” nas curvas acima, na escala horizontal representa a posição de um geofone.

Cada geofone está afastado do valor de “x” da fonte, distâncias para as quais foram calculados os tempos utilizando as curvas teóricas ($t(x)$)

E agora, lembrando que a chegada da onda nos geofones tem uma duração em tempo, e que o registro da chegada da onda não é uma “bolinha”, é uma “wavelet”, como foi comentado nos slides anteriores. → Vamos substituir a “bolinha” pela “wavelet” → e gerar uma simulação do sismograma . . .

Sismograma simulado

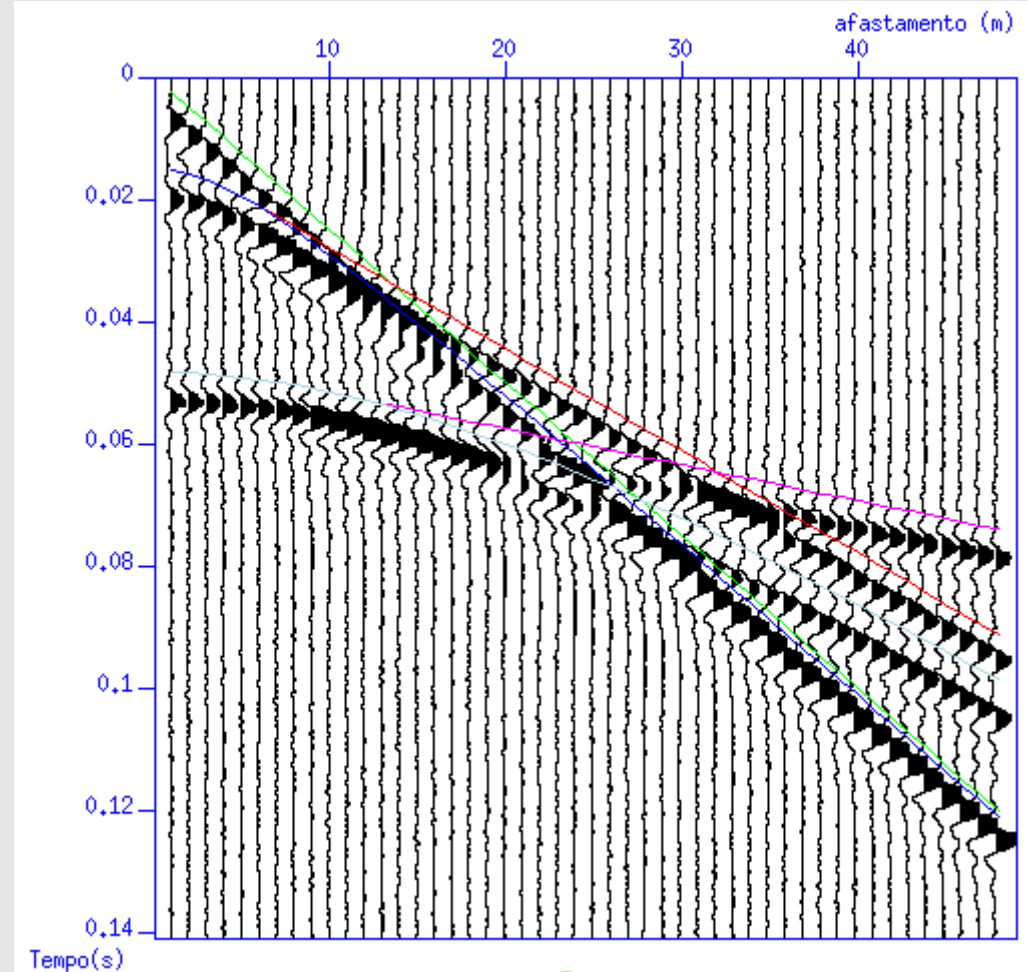
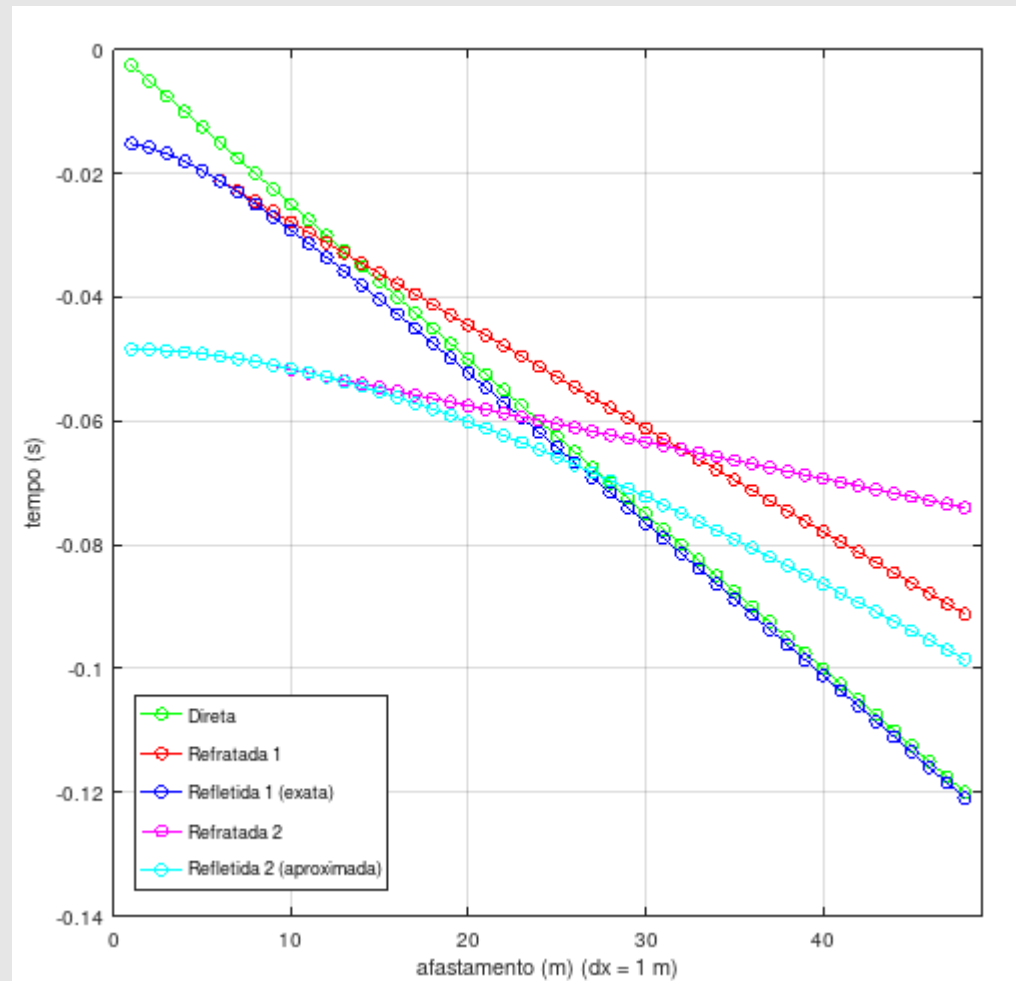
(modelo de duas interfaces)



Sismograma sintético gerado com o SU-Seismic Unix, sem considerar a variação de amplitude com o afastamento.

Sismograma simulado

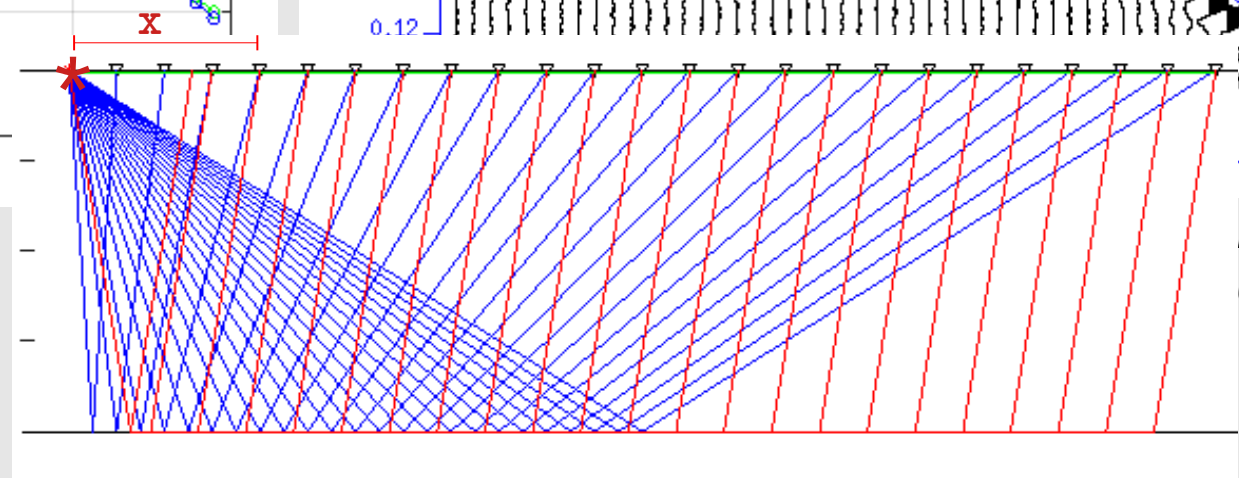
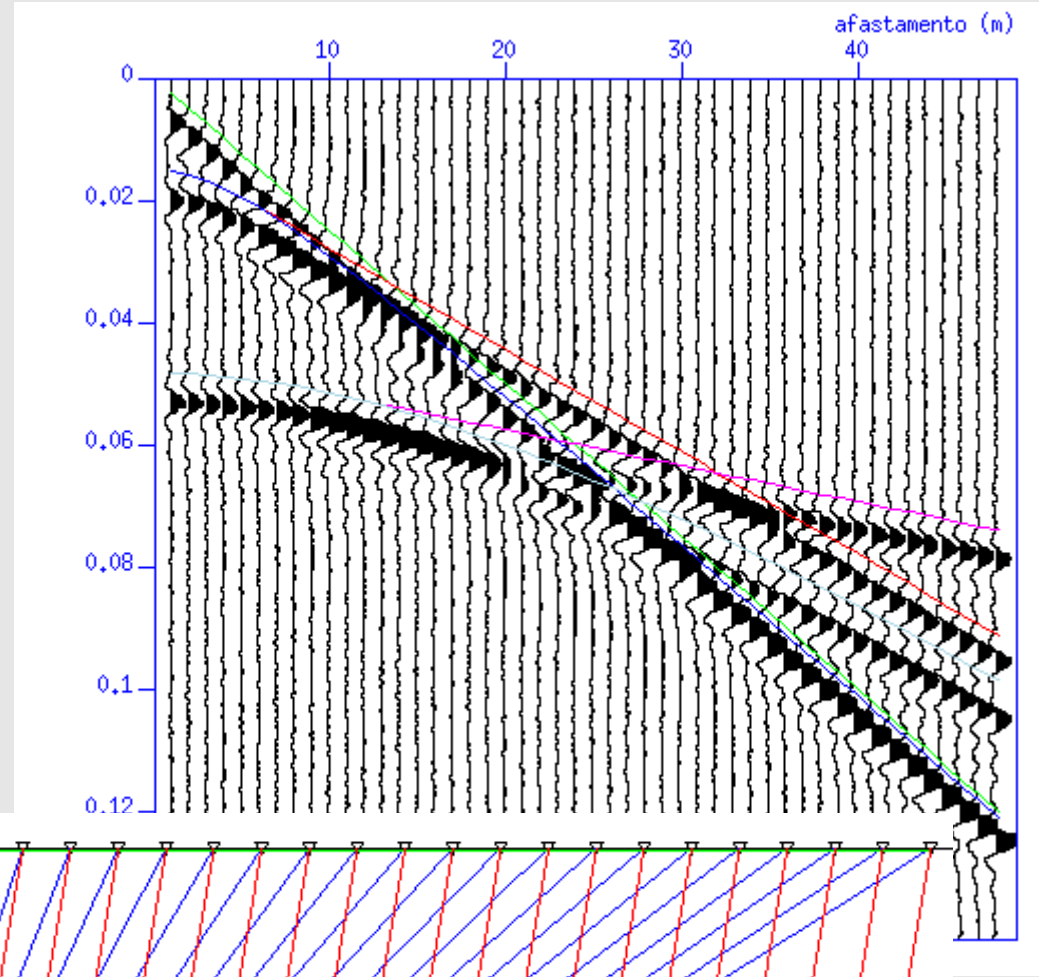
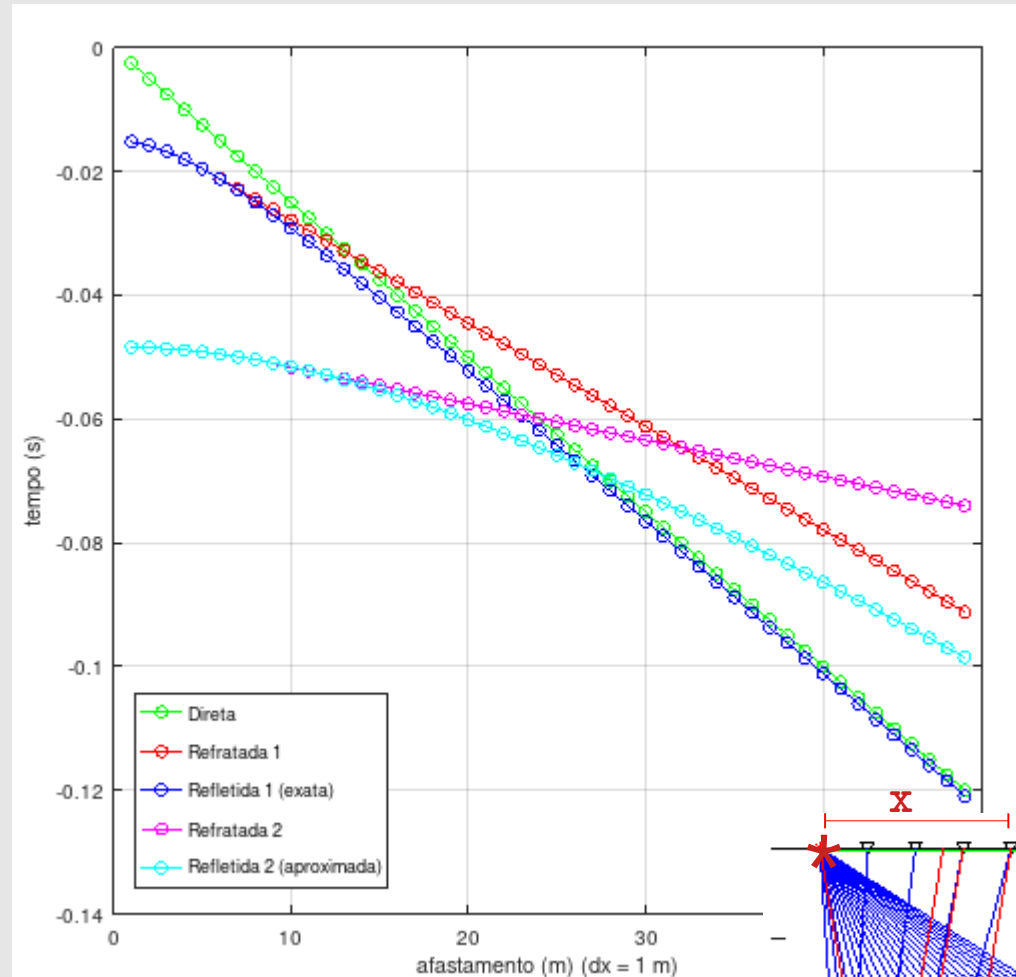
(modelo de duas interfaces)



Sismograma sintético gerado com o SU-Seismic Unix, sem considerar a variação de amplitude com o afastamento.

Sismograma simulado

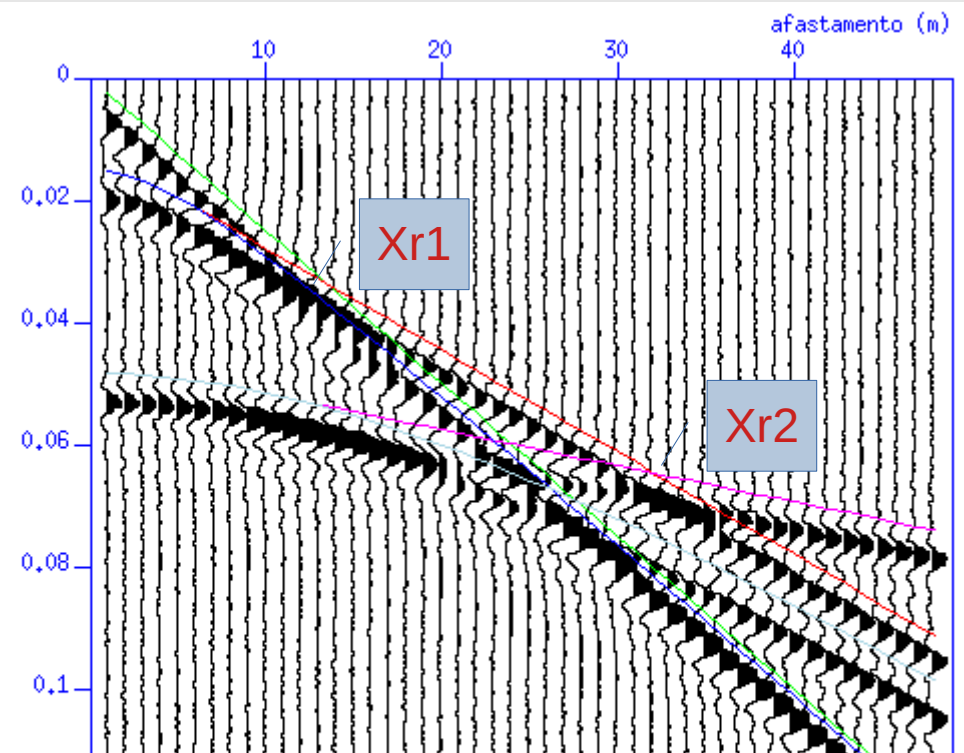
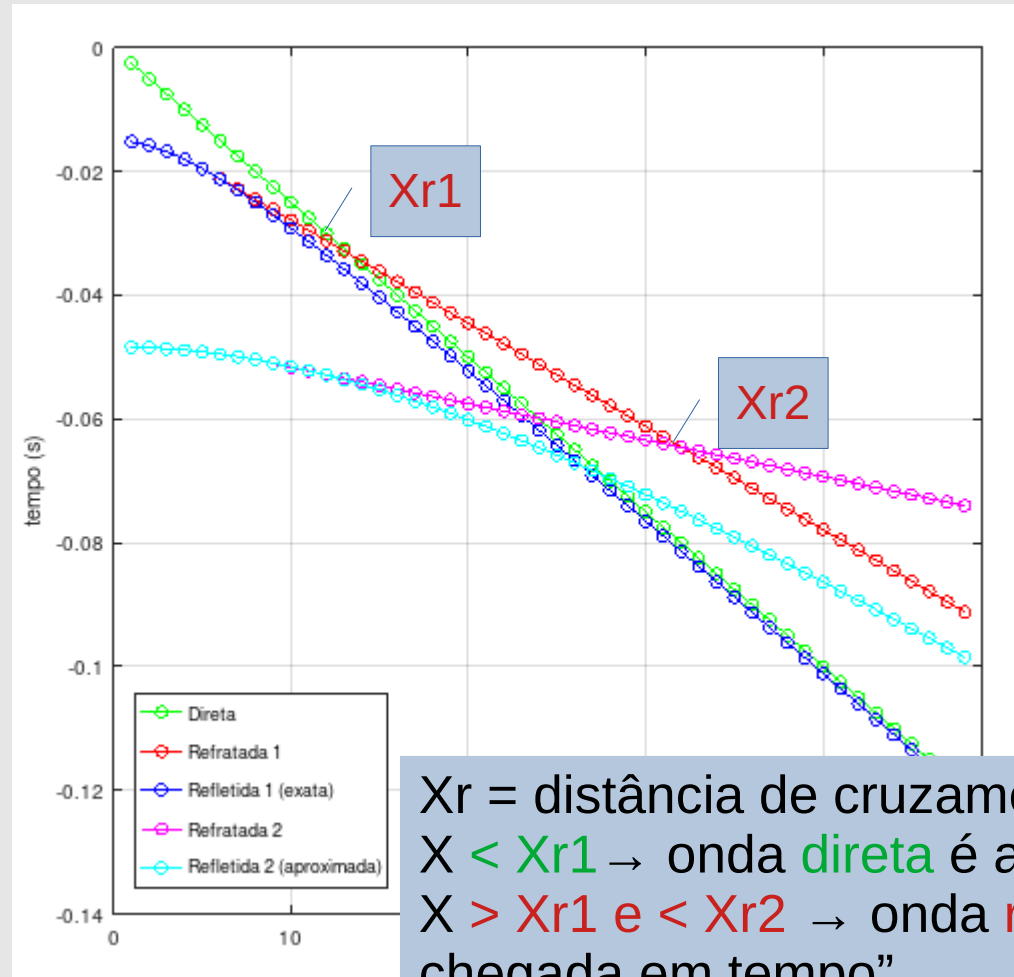
(modelo de duas interfaces)



ismic
de

Sismograma simulado

(modelo de duas interfaces)



Xr = distância de cruzamento

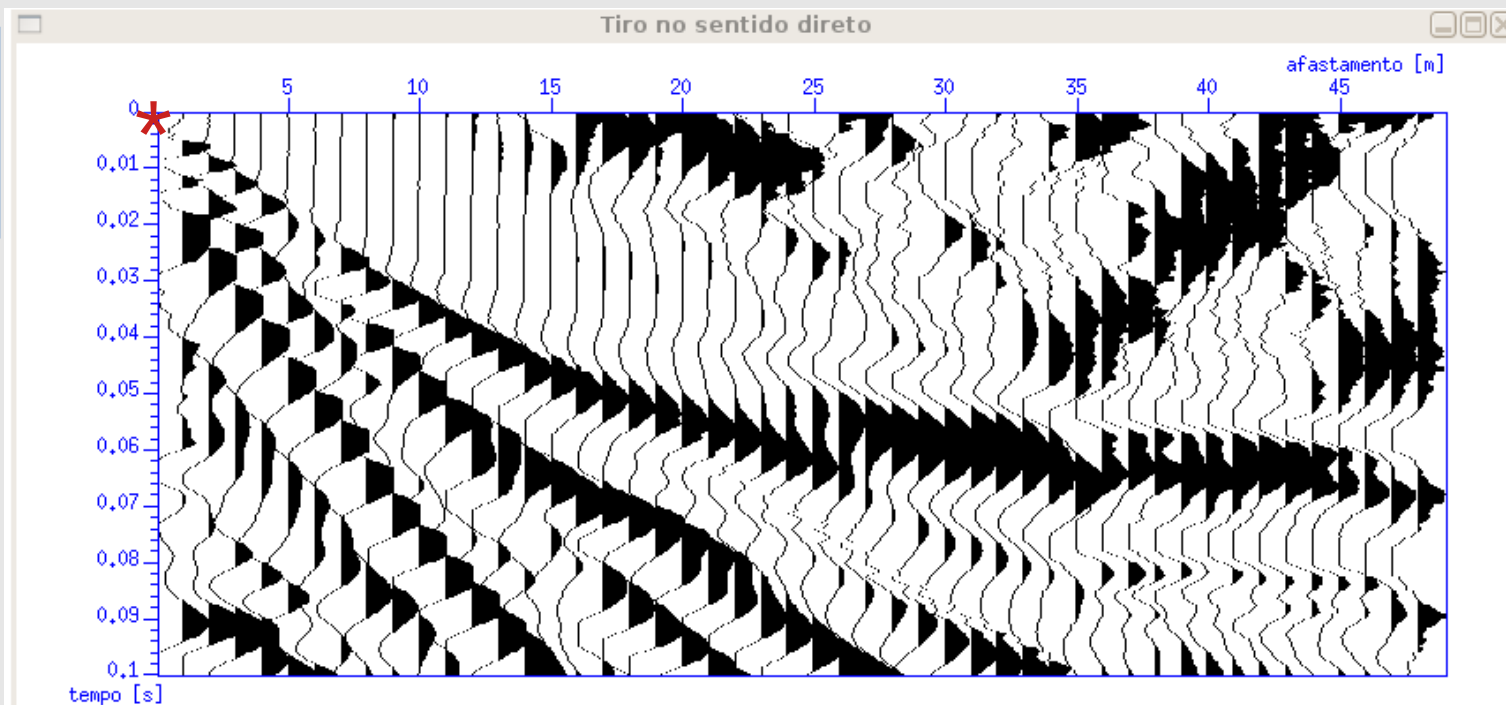
$X < Xr1$ → onda **direta** é a “primeira chegada em tempo”

$X > Xr1$ e $< Xr2$ → onda **refratada na 1ª Interface** é a “primeira chegada em tempo”

$X > Xr2$ → onda **refratada na 2ª Interface** é a “primeira chegada em tempo”

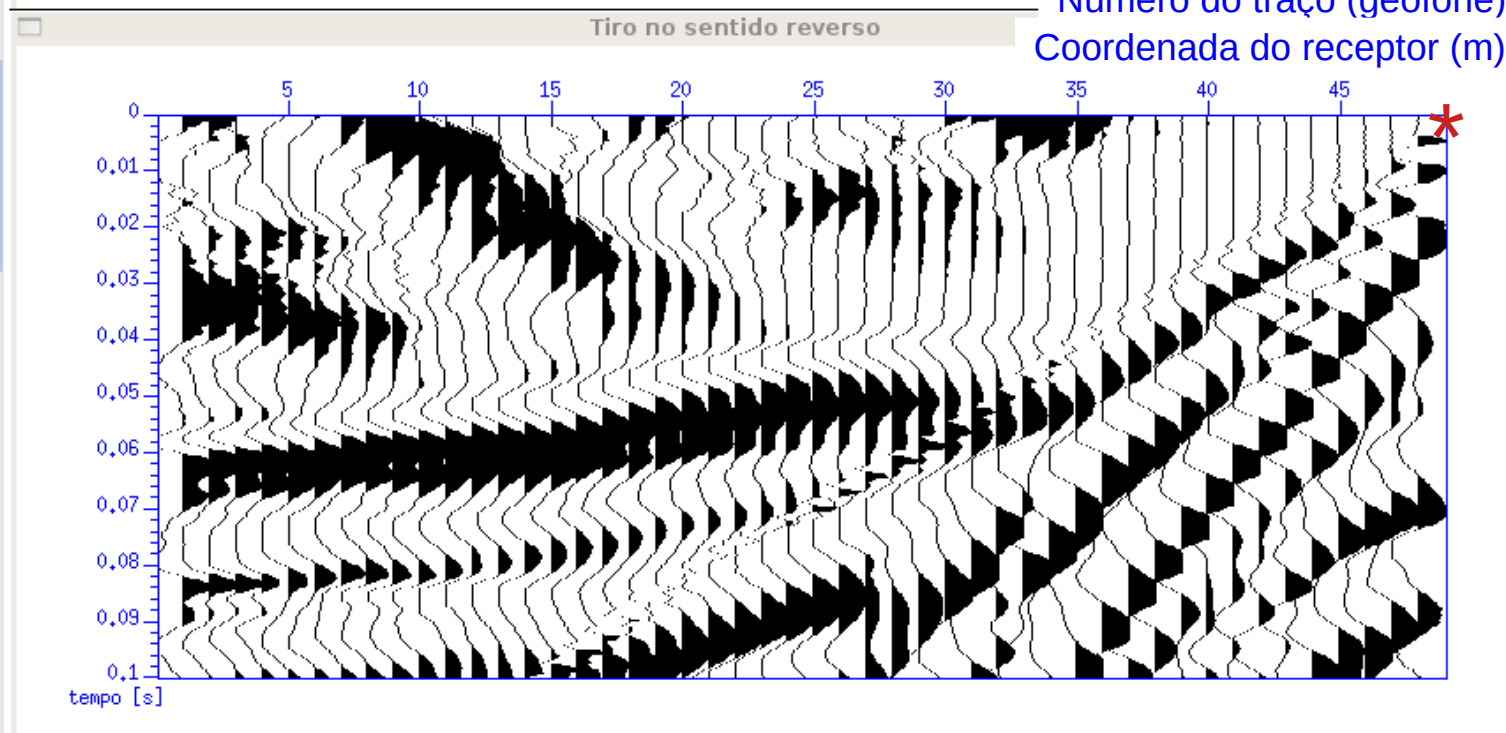
Também é muito usado o termo “**primeiras quebras**” (“*first breaks*”) ao invés de “primeiras chegadas em tempo” (“*first time arrivals*” ou apenas “*first arrivals*”)

Fonte
(Tiro) no
sentido
Direto

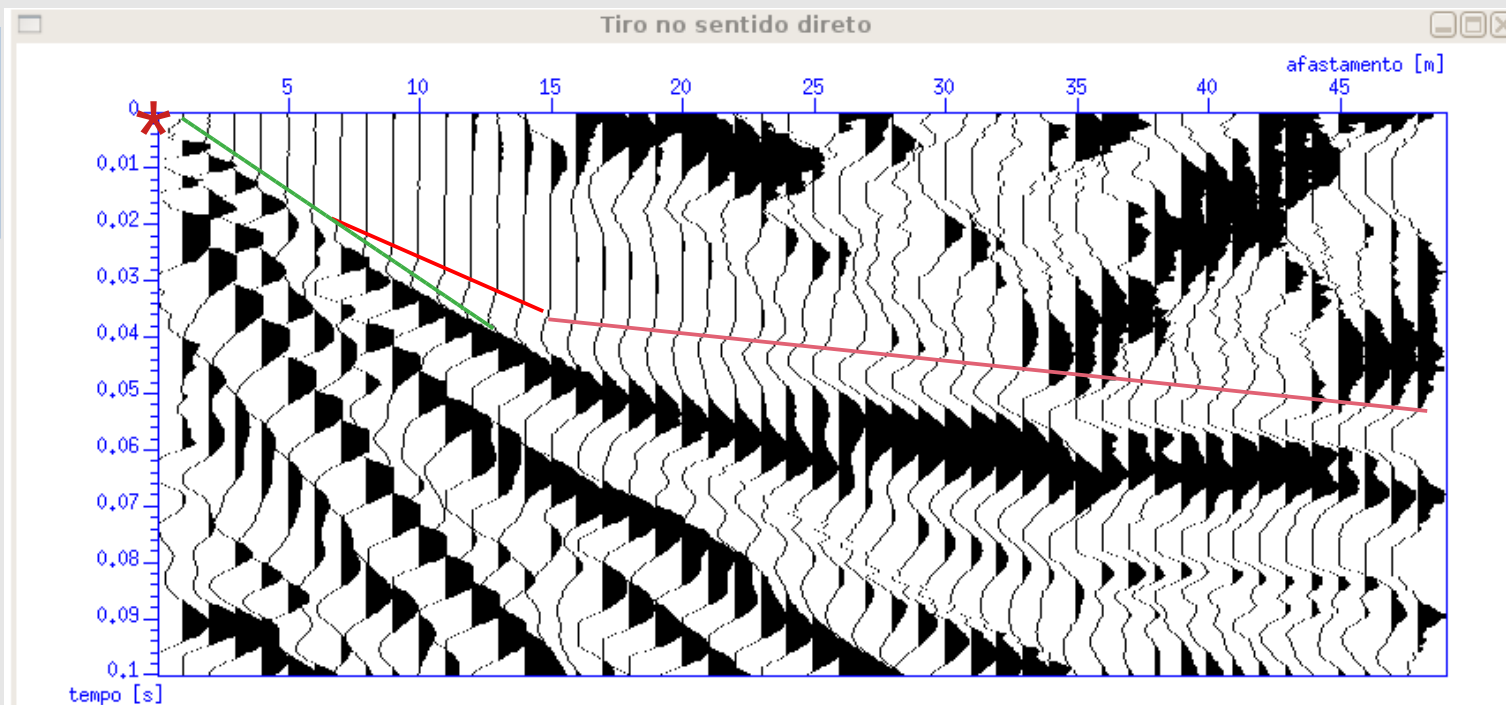


Número do traço (geofone)
Coordenada do receptor (m)

Fonte
(Tiro) no
sentido
Reverso

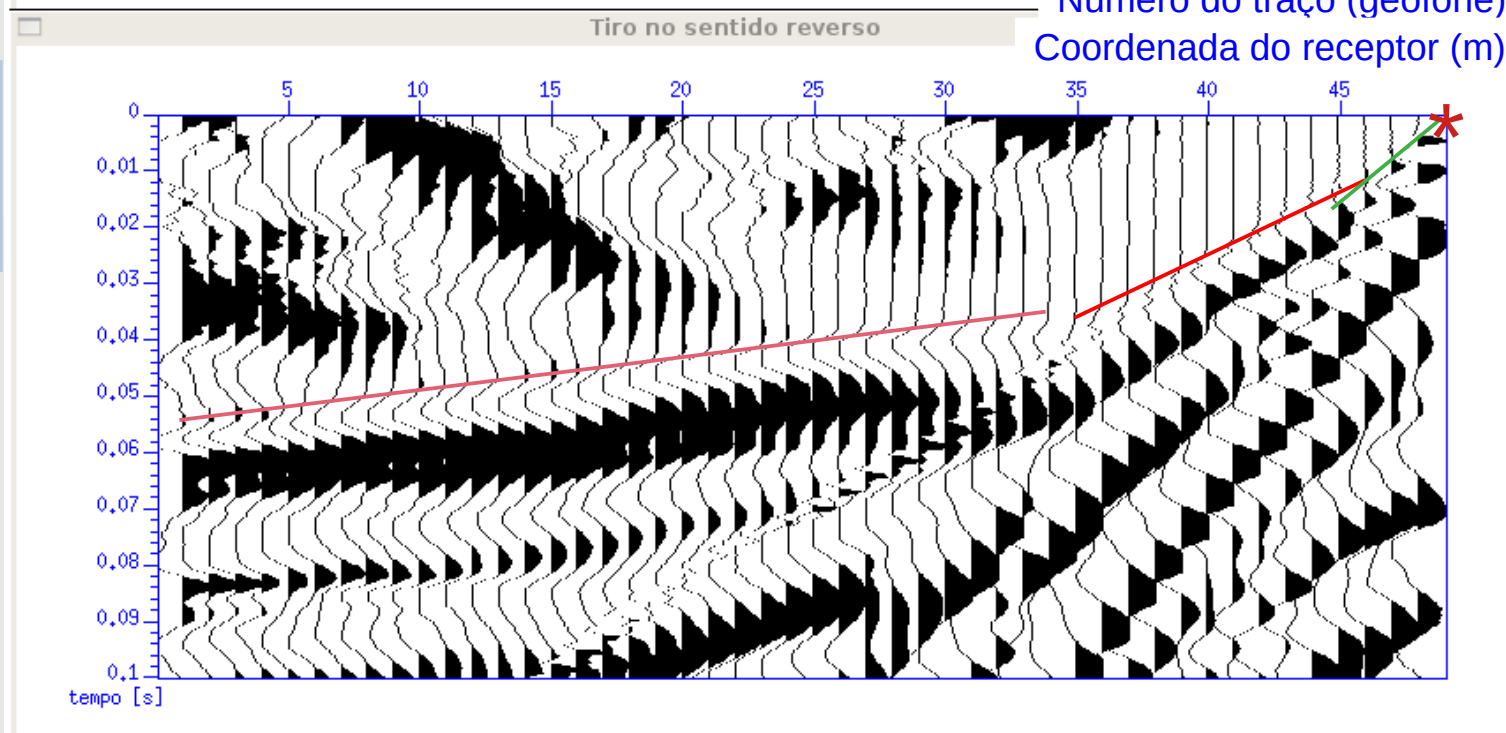


Fonte
(Tiro) no
sentido
Direto

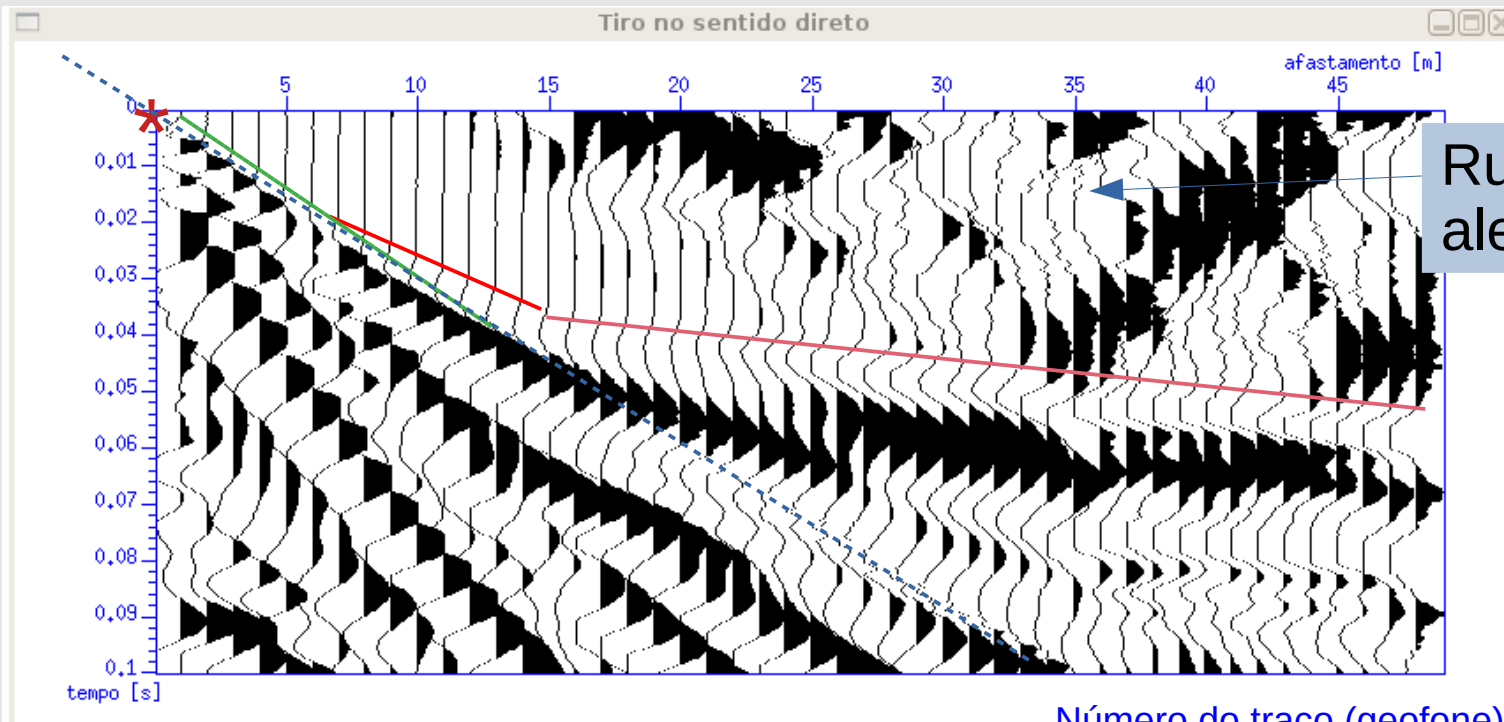


Número do traço (geofone)
Coordenada do receptor (m)

Fonte
(Tiro) no
sentido
Reverso

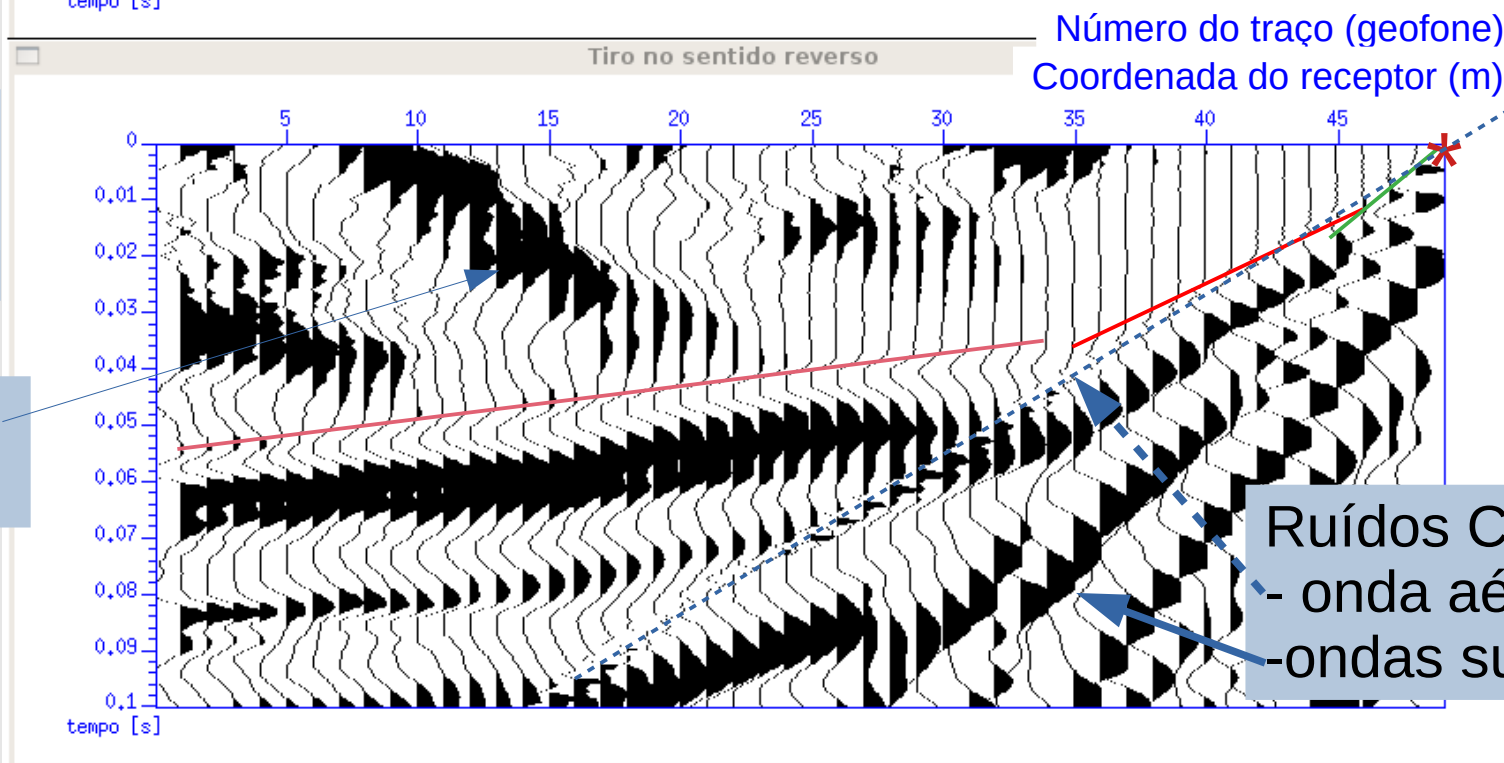


Fonte
(Tiro) no
sentido
Direto



Ruídos
aleatórios

Fonte
(Tiro) no
sentido
Reverso



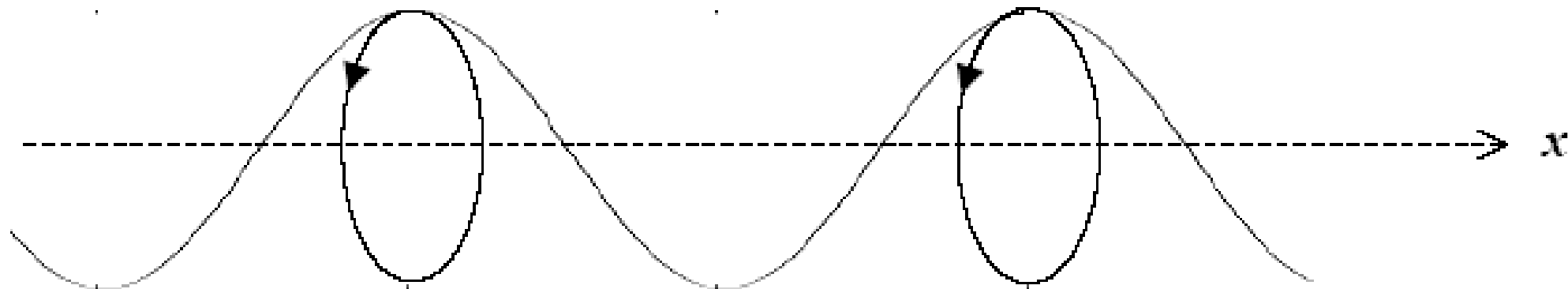
Ruídos
aleatórios

Ruídos Coerentes:
- onda aérea
- ondas superficiais

Número do traço (geofone)
Coordenada do receptor (m)

Ondas superficiais = Ondas Rayleigh (ground roll)

O movimento das partículas é elíptico e retrógrado em relação a direção de propagação da onda, e como parece um “rolamento” da partícula para atrás, recebe o apelido na sismica aplicada de “ground roll”.

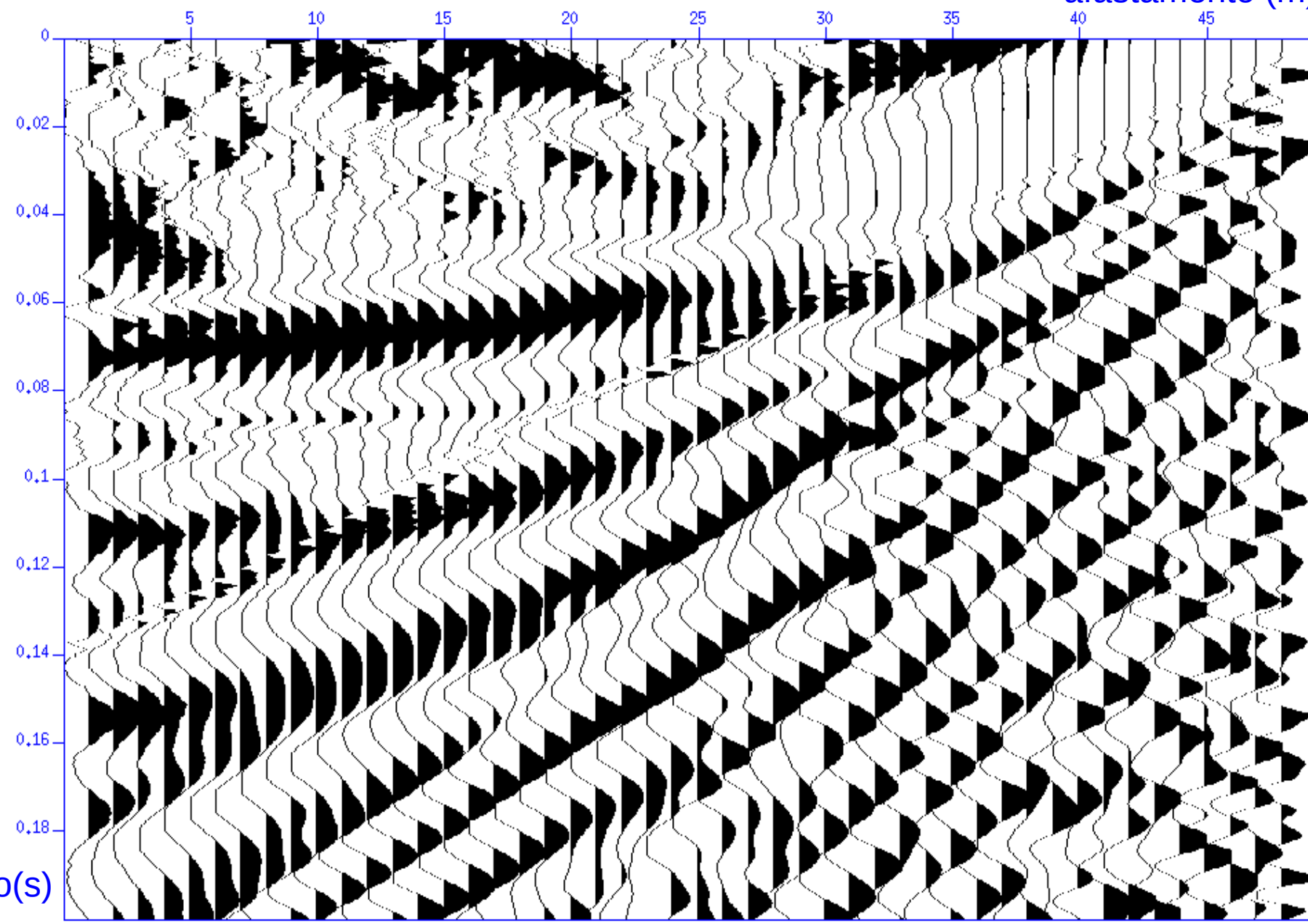


Mais lenta, com velocidades entre 0.91 a 0.93 da V_s

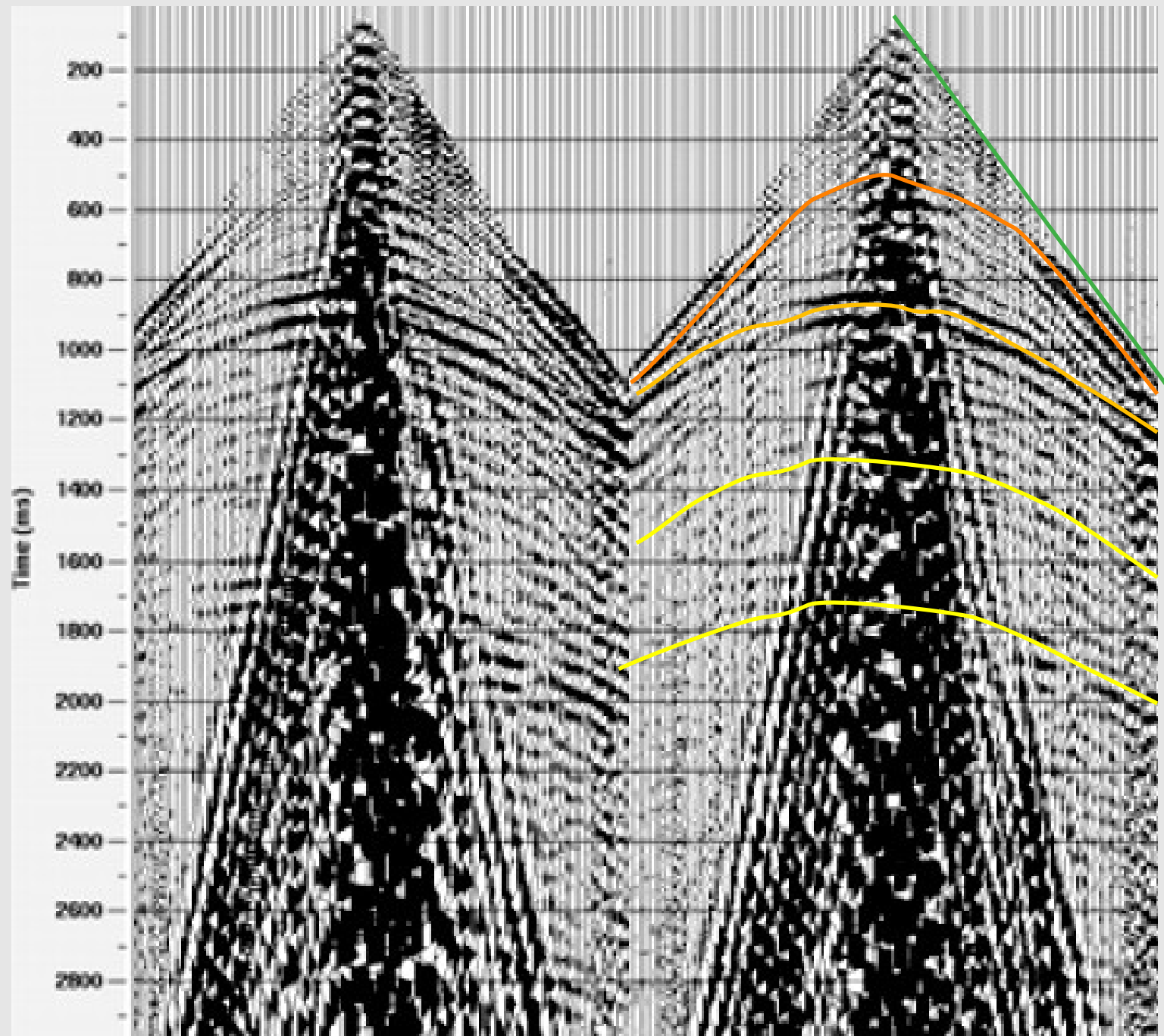
Grande amplitude próxima da superfície e decai mais rápido com a profundidade do que as ondas P e S.

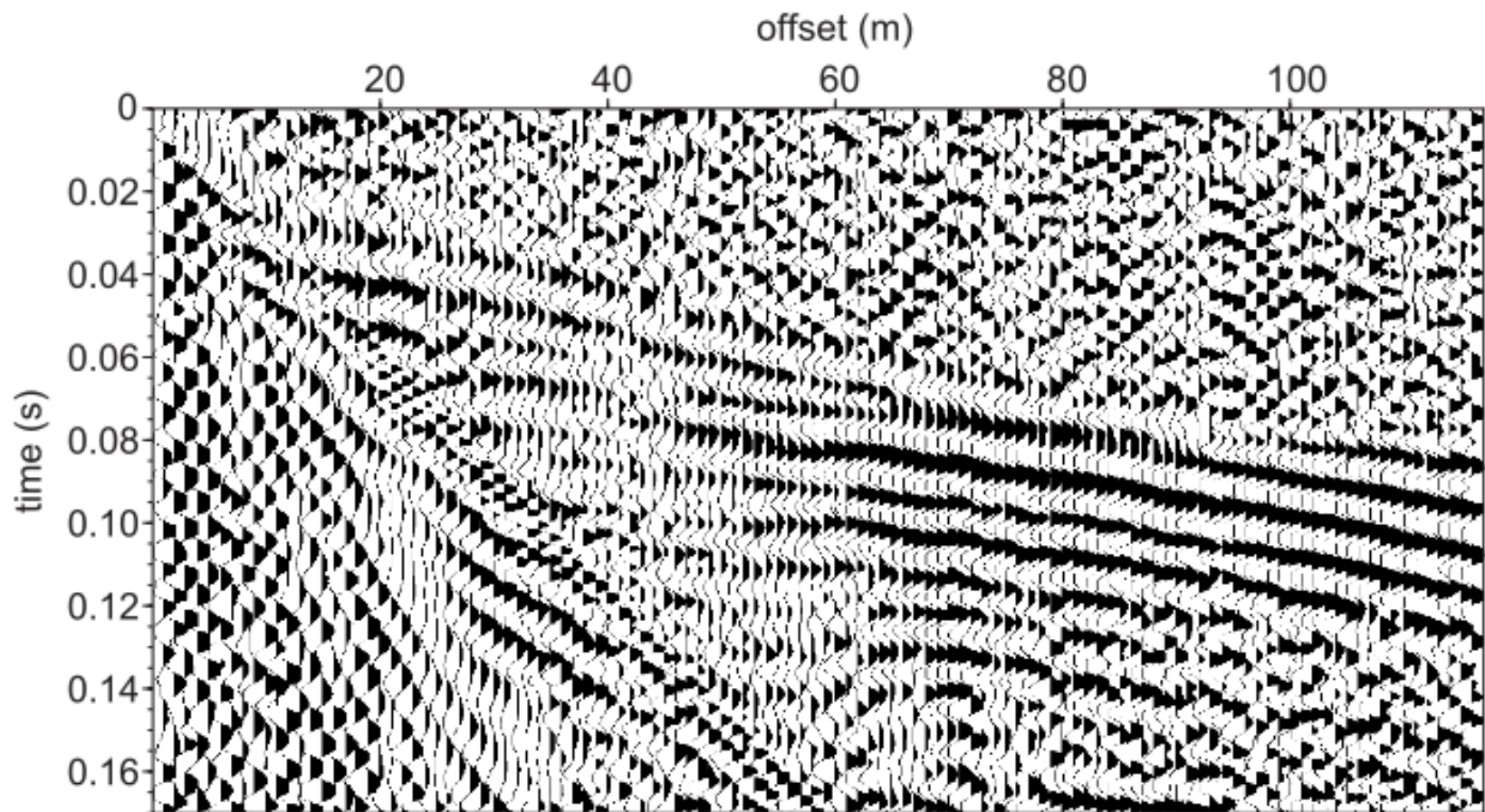
O pulso sísmico é mais largo (menor frequência)

afastamento (m)

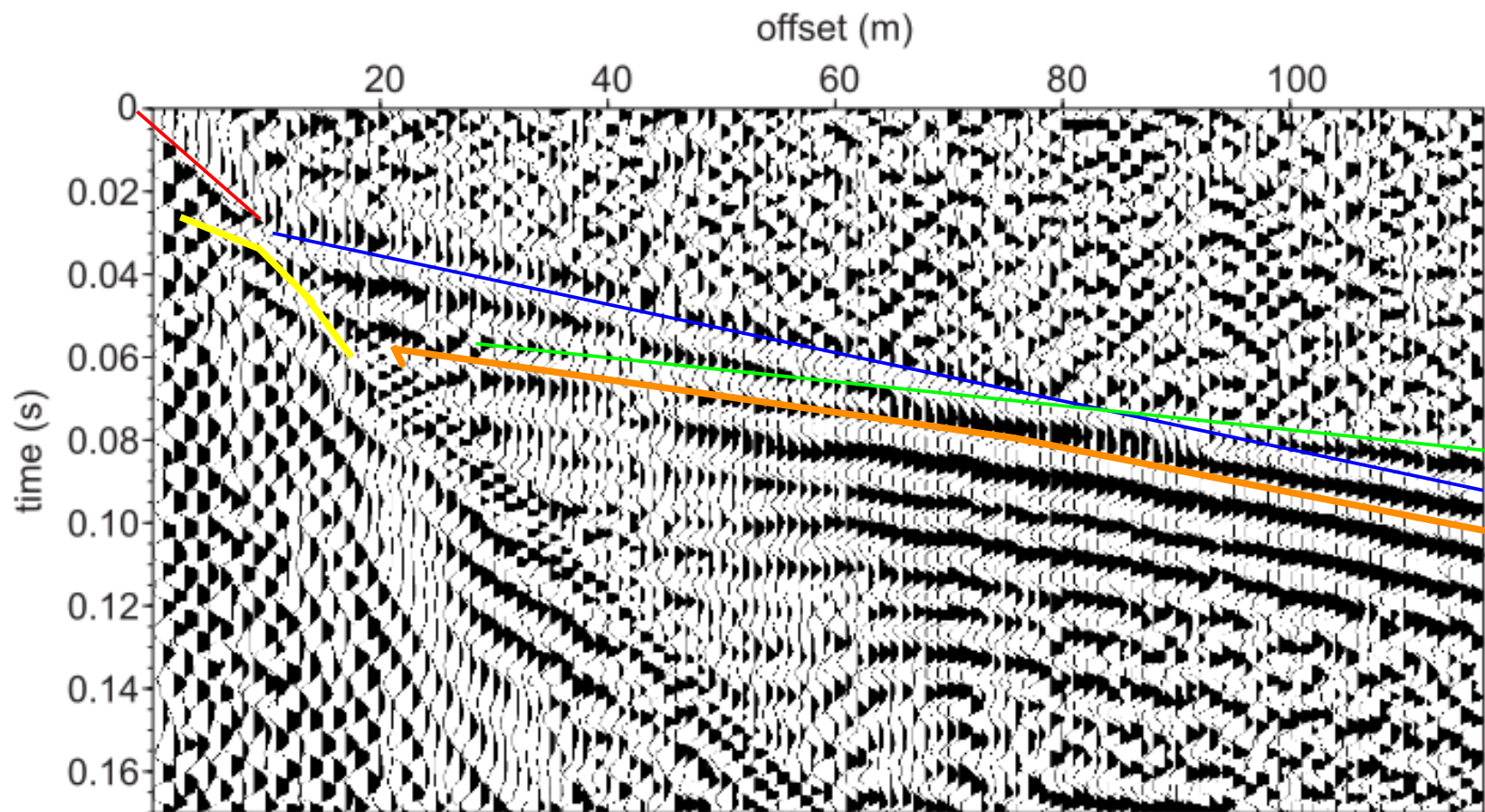


SISMOGRAMA: aula de AGG116

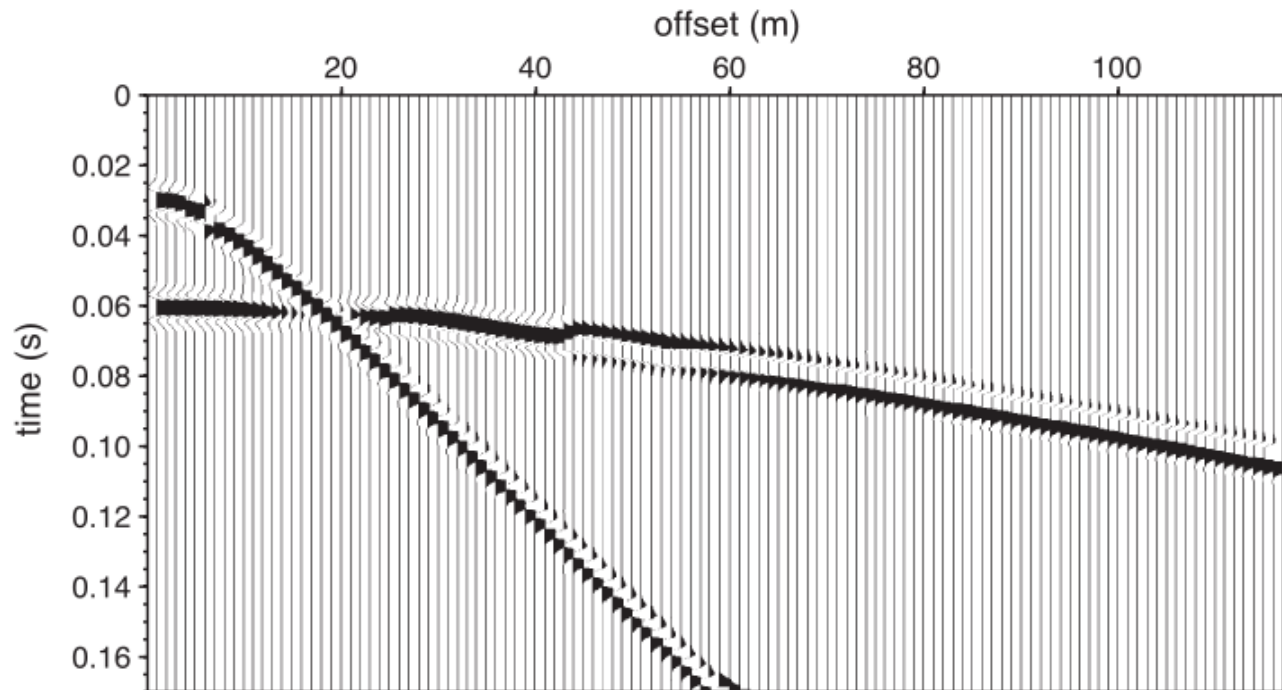
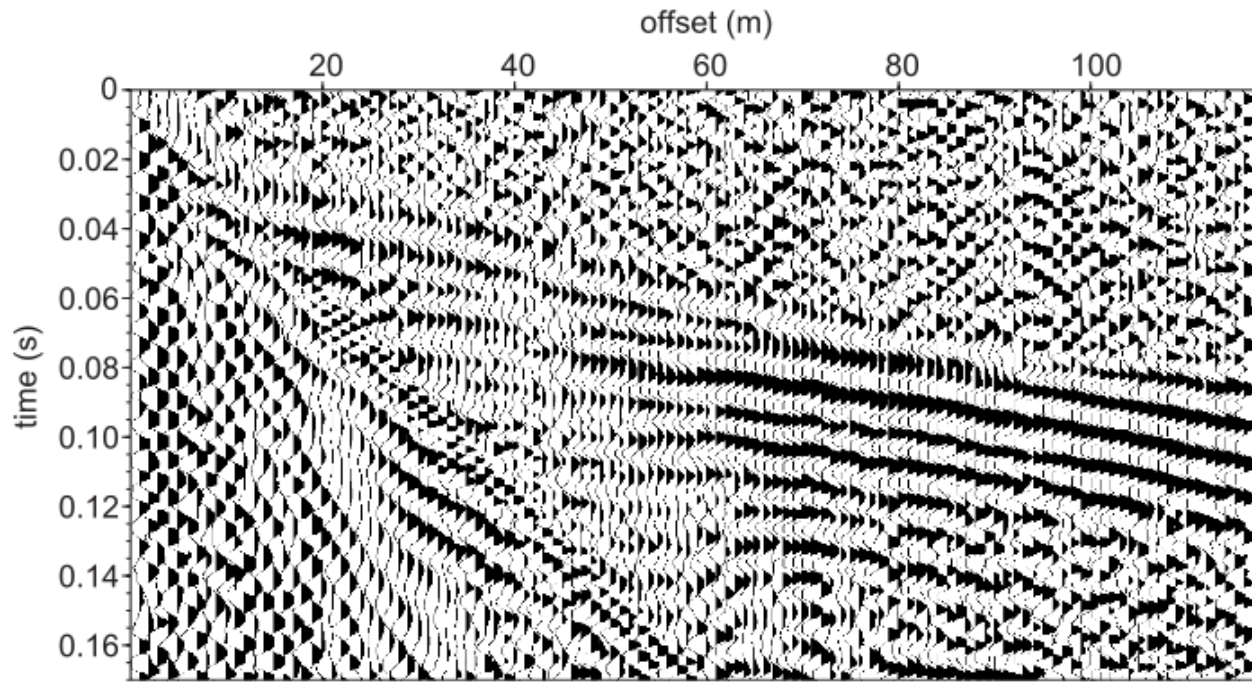




sismograma: aula de AGG323 em 2000



sismograma: aula de AGG323 em 2000



**Simulação
(Modelagem)
das ondas
refletidas**