AGG116 / 2020
Introdução à Geofísica II

Métodos Sísmicos

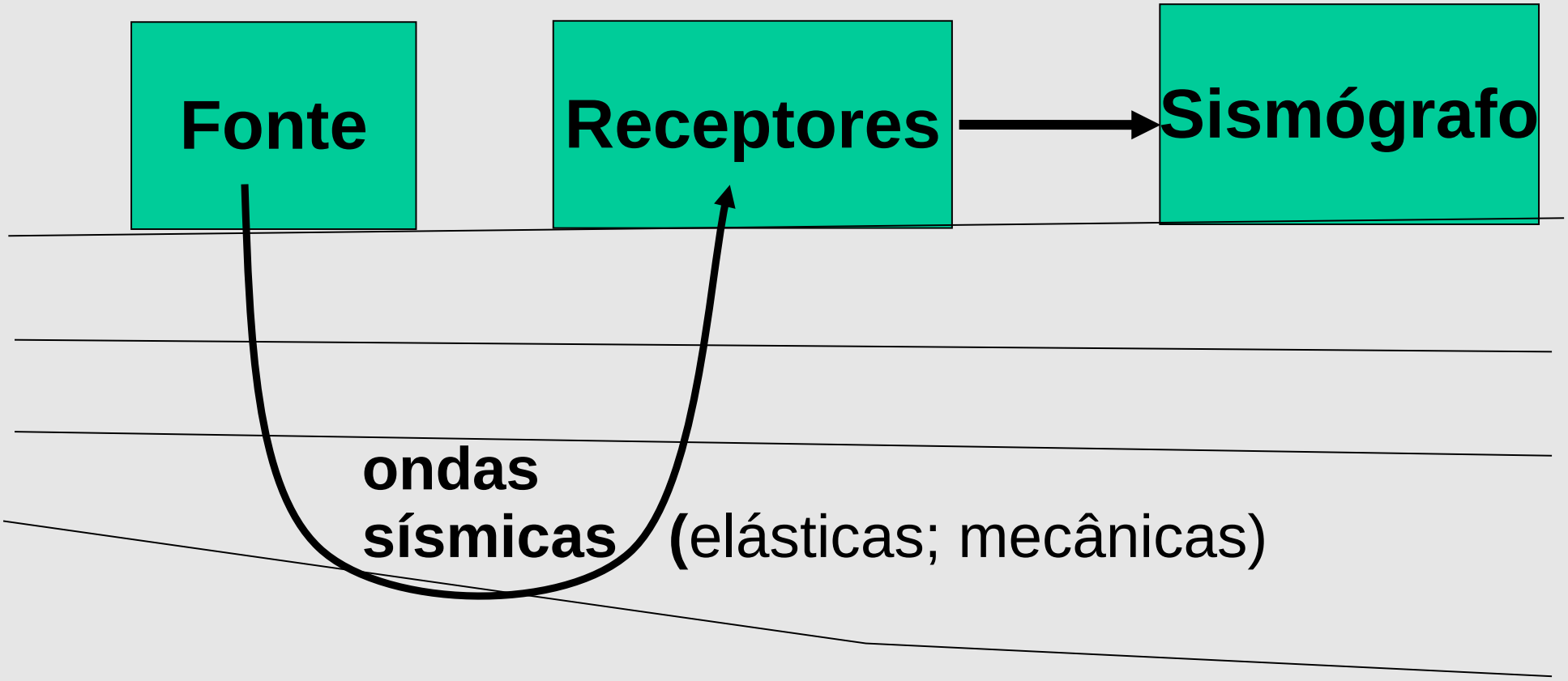
Introdução

Profa. Liliana Alcazar Diogo

liliana.diogo@iag.usp.br

Métodos Sísmicos

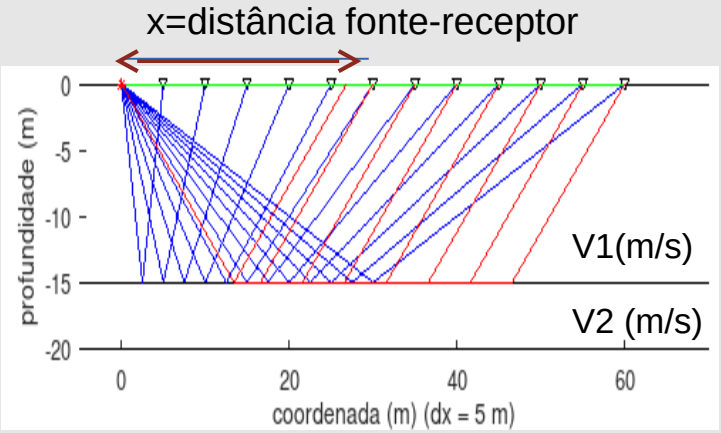
Ilustração simplificada do sistema de aquisição



Introdução aos Métodos Sísmicos:

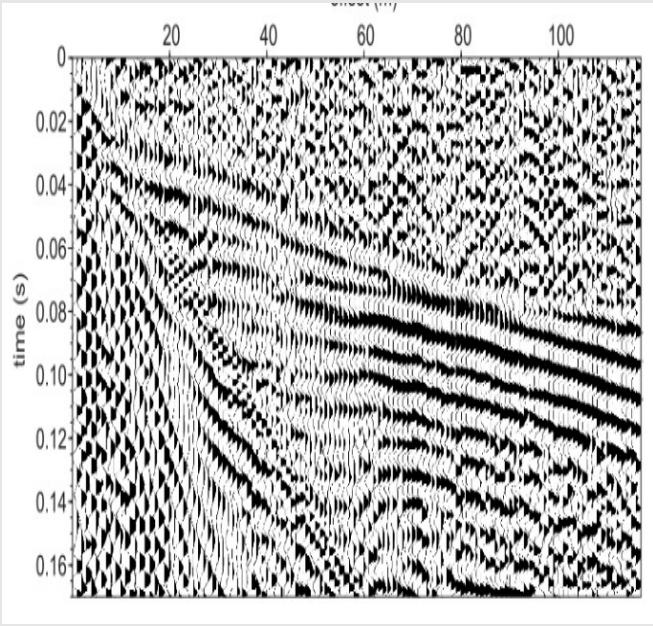
Tópicos que serão abordados neste curso

- 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

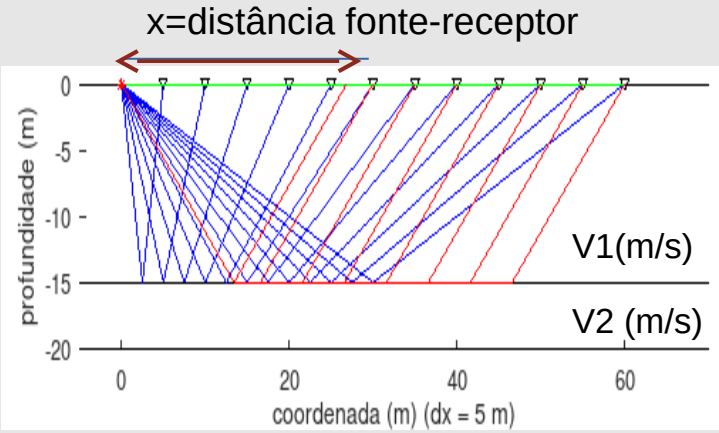


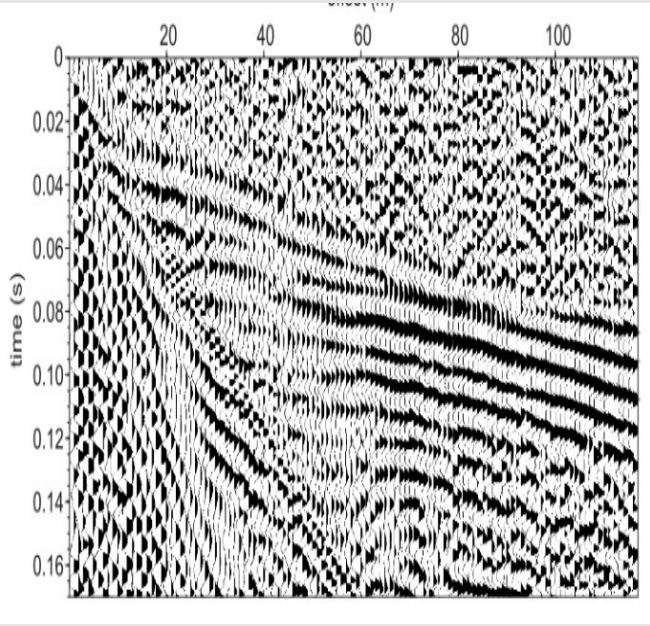
Introdução aos Métodos Sísmicos:

Tópicos que serão abordados neste curso

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

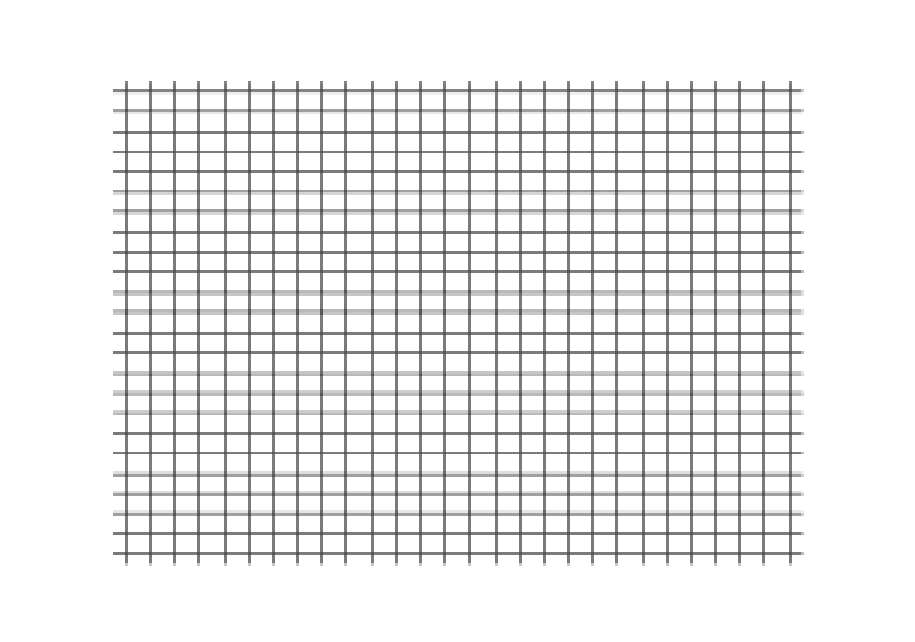
Nesta aula: vamos entender “um pouco” da teoria de ondas e da trajetória das ondas em subsuperfície, para depois entender como são os dados sísmicos e como interpretar esse dados para obter informação da geologia em subsuperfície



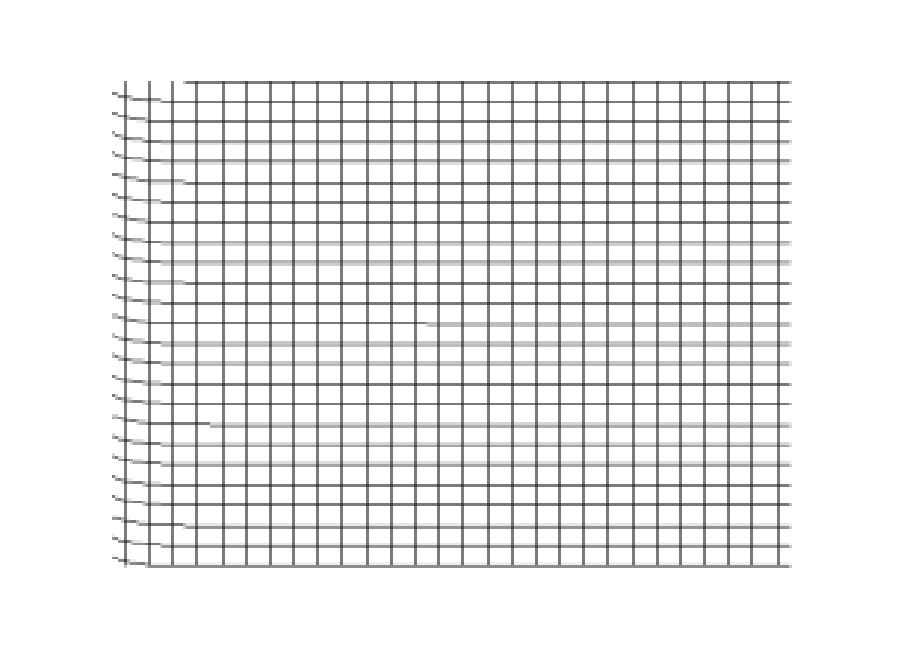


- interpretação da geologia em subsuperfície a partir da informação dos tempos de chegada das ondas sísmicas

Tipos de ondas sísmicas (ondas elásticas)



onda P



Onda S

http://en.wikipedia.org/wiki/Compressional_wave
http://en.wikipedia.org/wiki/Transversel_wave

Frente de onda

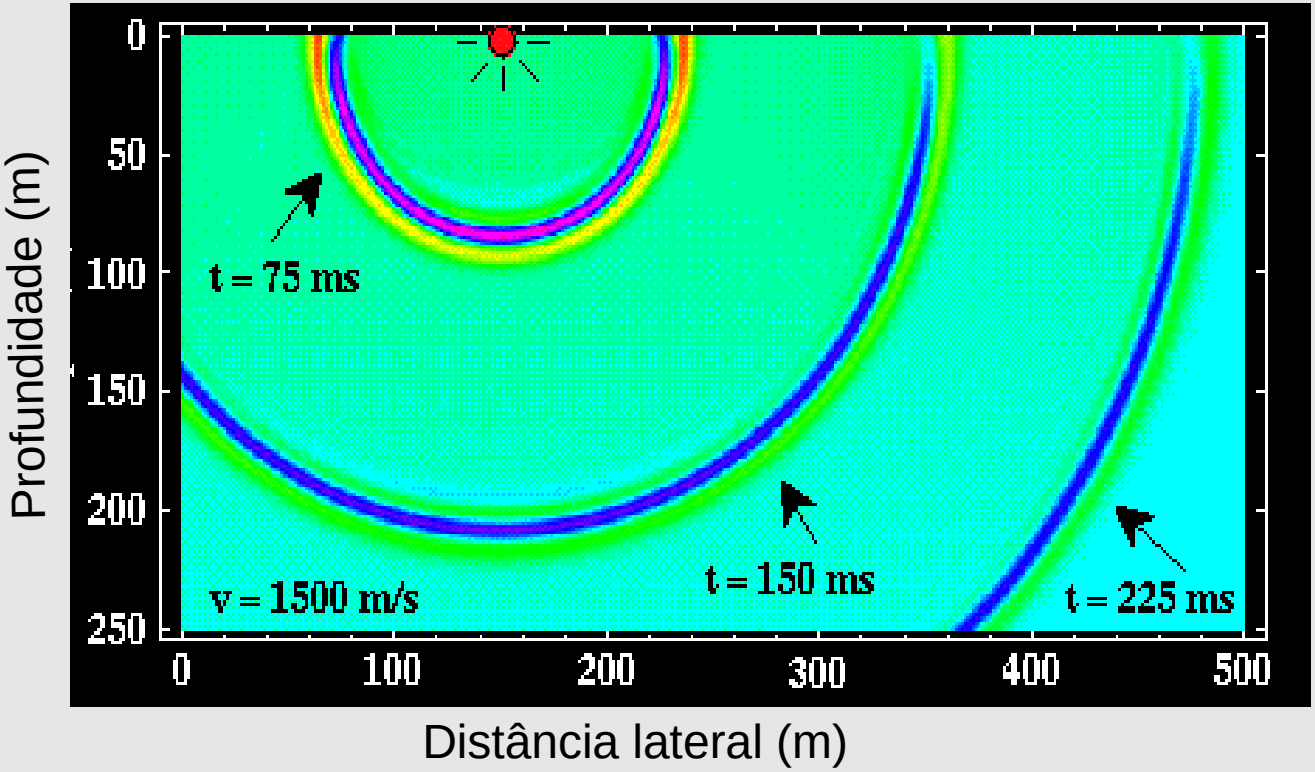
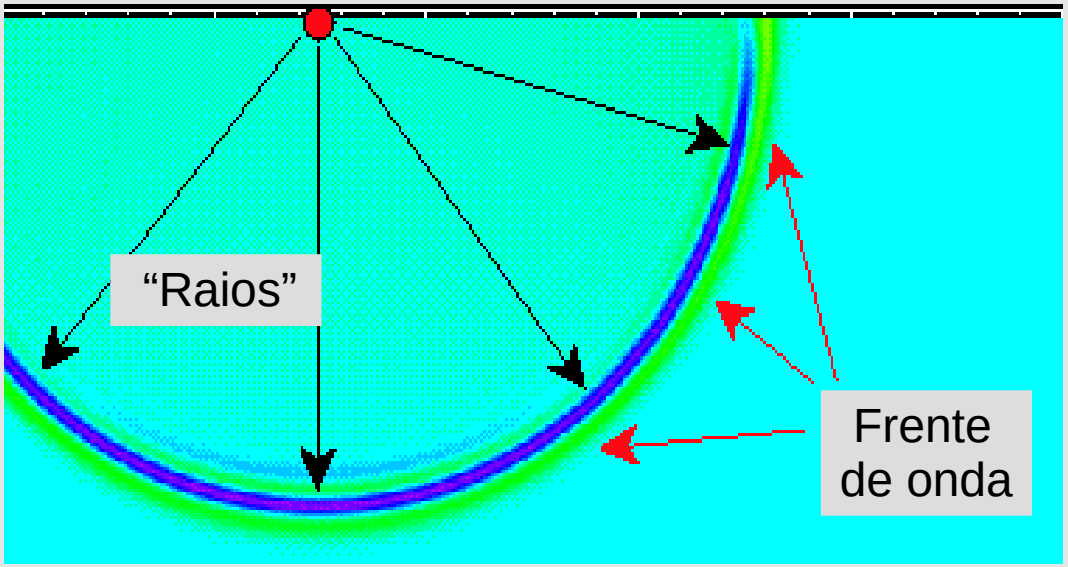
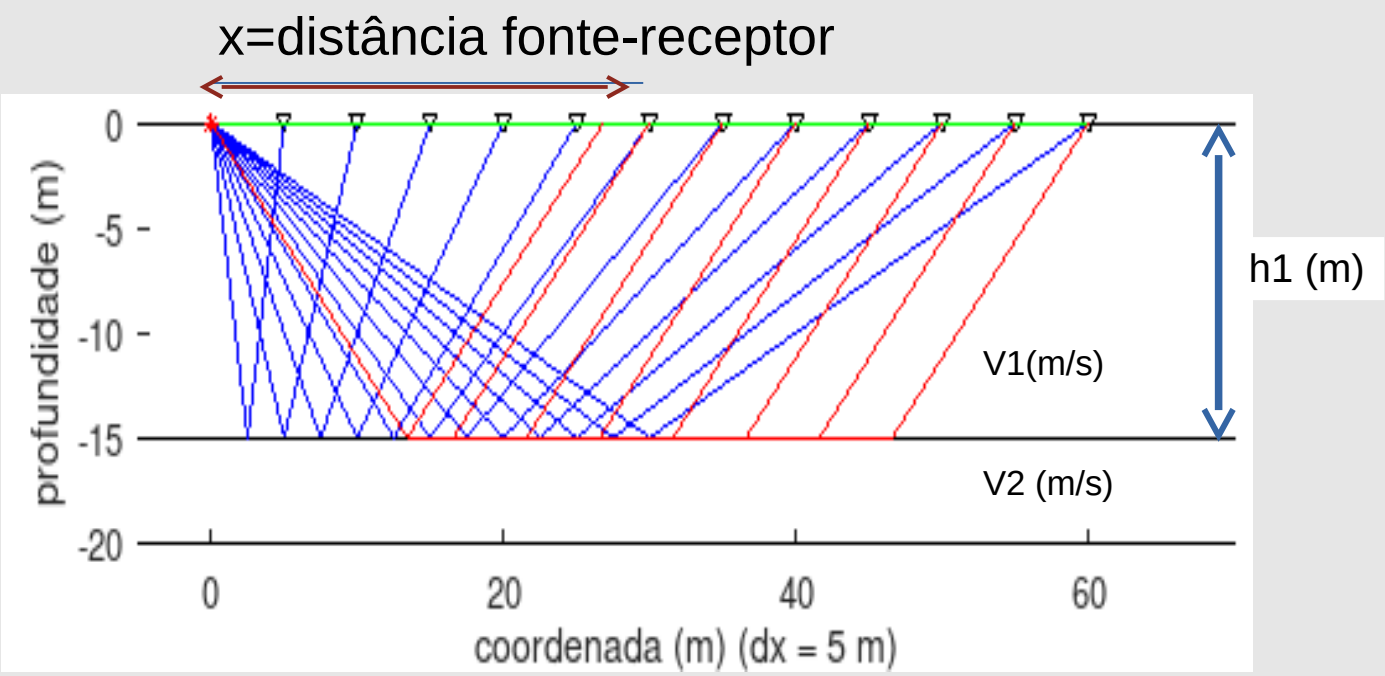


Imagem em 2 Dimensões da região (superfície) do espaço em que todos os pontos do meio foram atingidos no mesmo tempo (simultaneamente) pela energia liberada pela fonte.
Todos os pontos de uma frente de onda referem-se ao mesmo pulso da onda,
ou dizemos que têm a mesma fase.

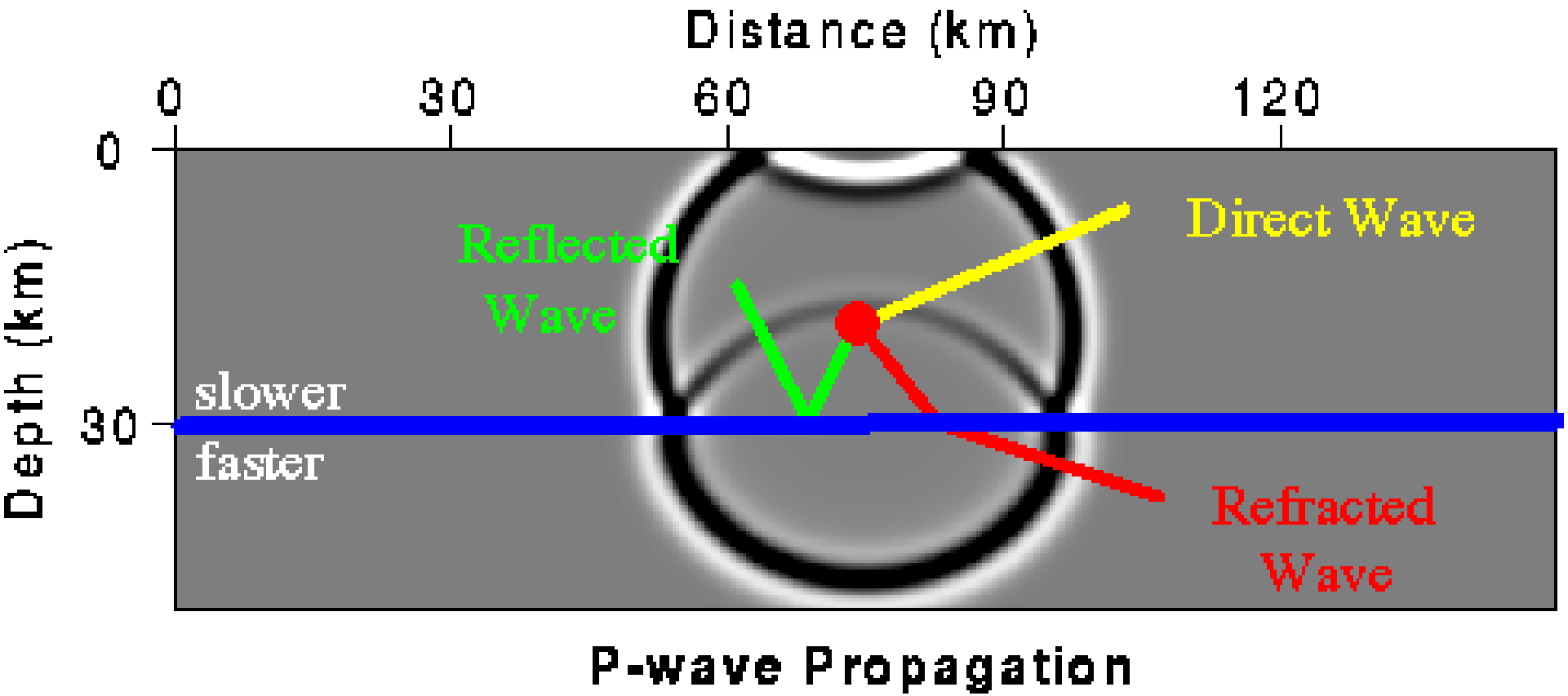
Frente de onda e Raio





Propagação de ondas P a partir de uma fonte (explosiva)

a imagem representa um mesmo instante de tempo

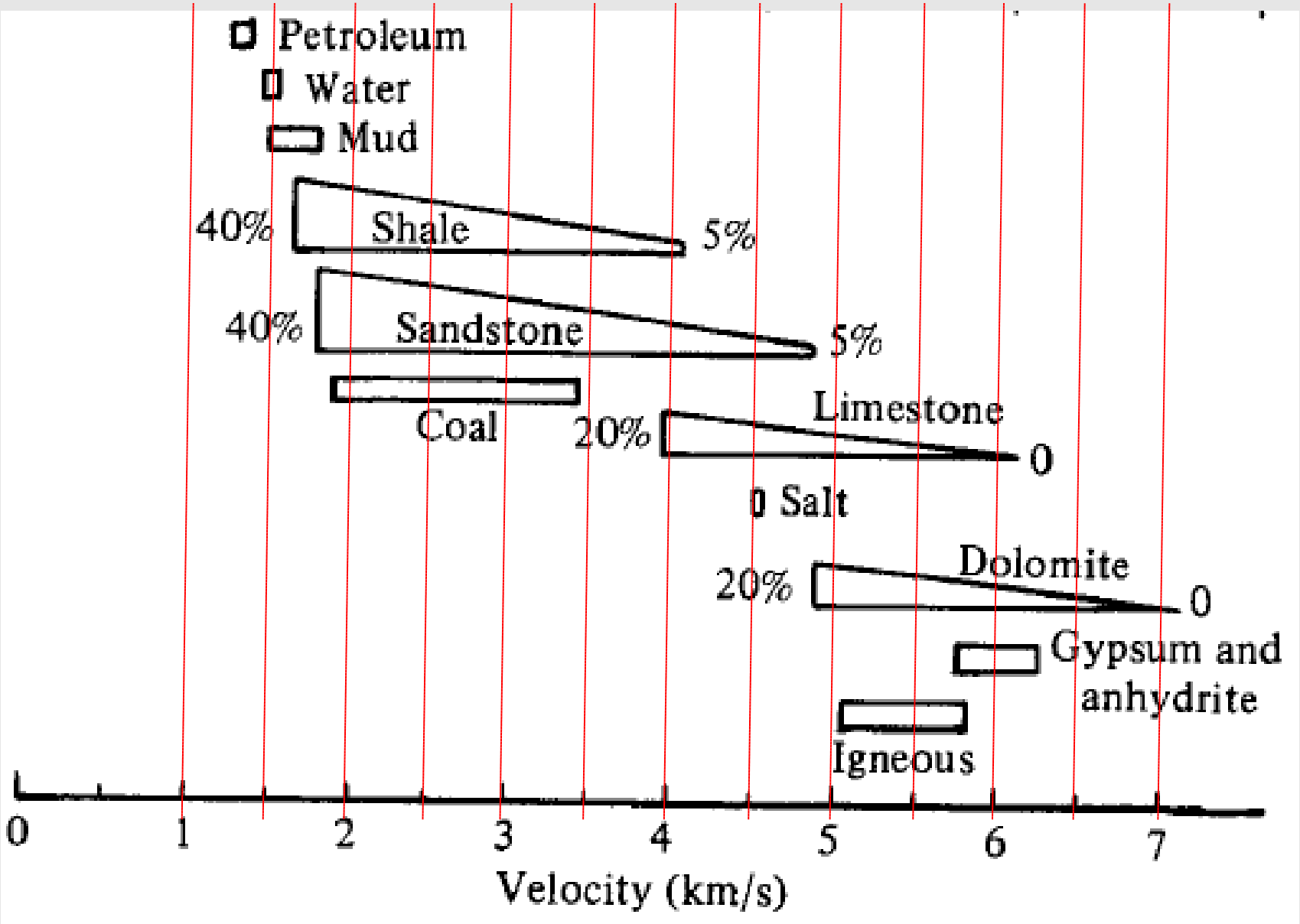


Observar:
- a mudança na curvatura da frente de onda na camada inferior (maior velocidade)
- a mudança de polaridade na onda que reflete no solo (branco = negativo)
(preto = positivo)

Fatores que determinam a Velocidade de propagação das Ondas Sísmicas

- tipo de meio; tipo de rocha (litologia)
- consolidação/litificação (sedimentos ou rochas)
- pressão (vai depender da idade, profundidade, compatacção
- Porosidade / fraturas
- tipo e conteúdo de fluído (saturação) nos poros
- anisotropia

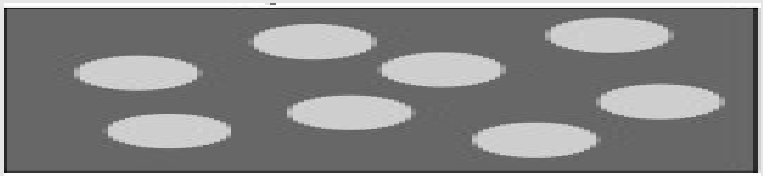
Propriedades físicas: densidade e constantes elásticas

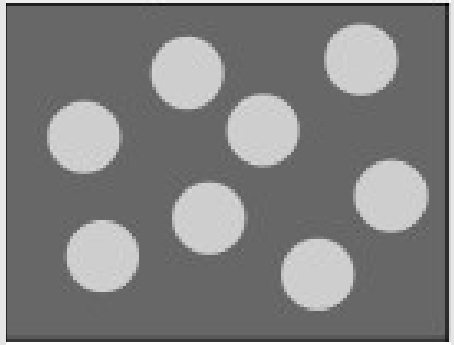


Adaptado de http://appliedgeophysics.lbl.gov/seismic/seismic_24.pdf

Não é uma tabela completa de velocidade de Rochas !

Anisotropia e Heterogeneidade



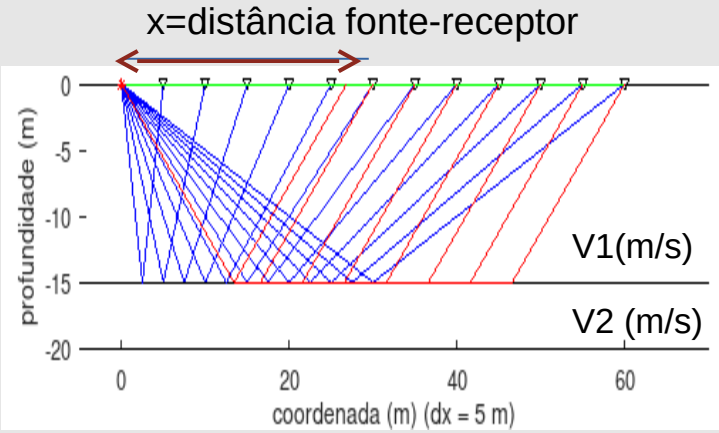


Introdução aos Métodos Sísmicos:

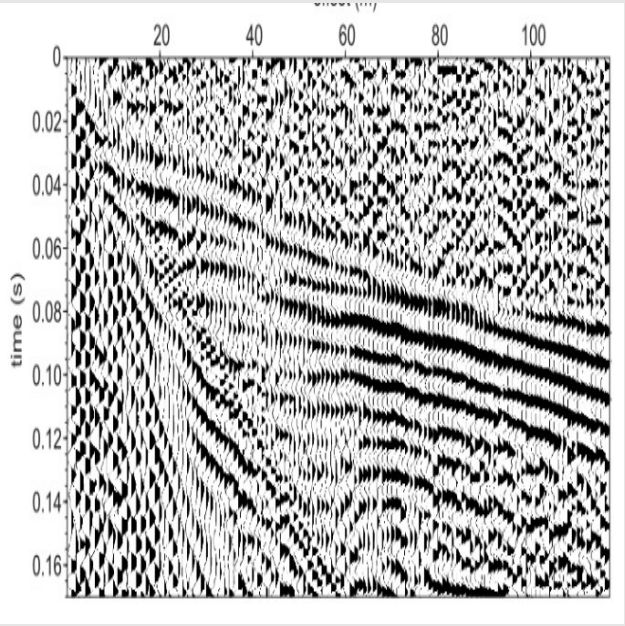
Tópicos que serão abordados neste curso

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

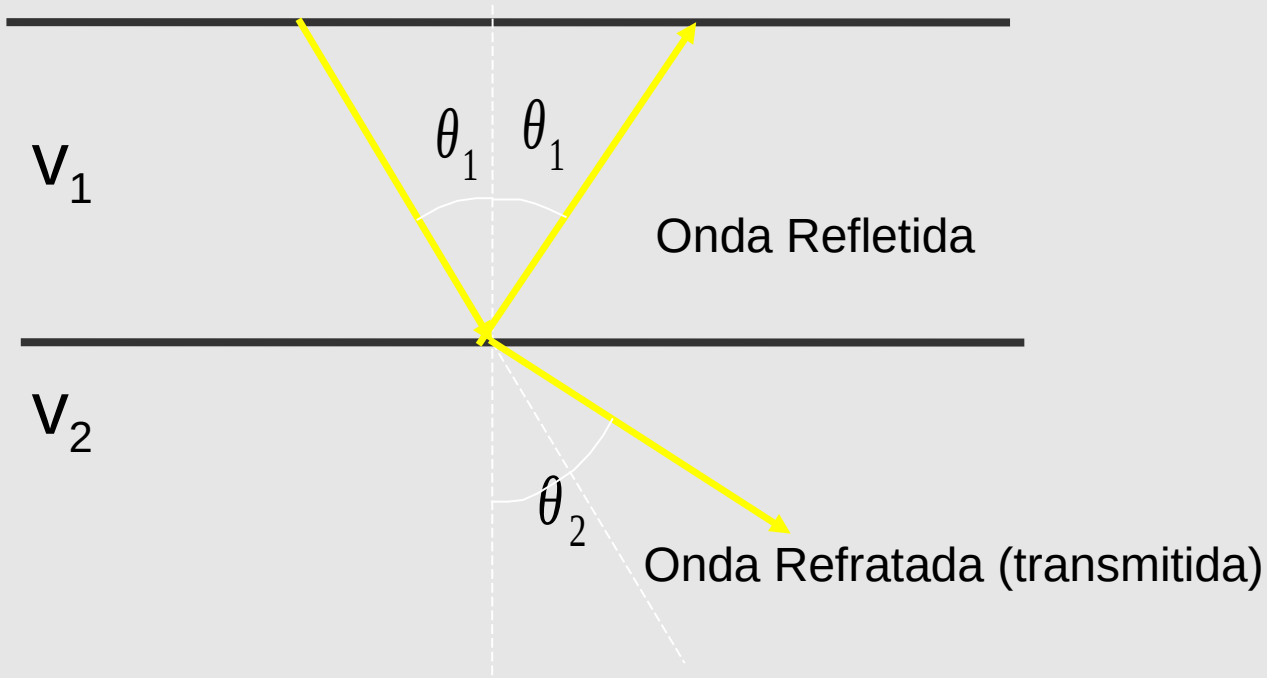
- Geometria do caminho percorrido pelas ondas em subsuperfície e a relação do tempo de viagem e o modelo geológico



- Registros sísmicos:
  - aquisição de dados sísmicos
  - interpretação das chegadas das ondas nos sismogramas
  - interpretação da geologia em subsuperfície a partir da informação



Ondas geradas na interface que separa meios diferentes



Lei de Snell

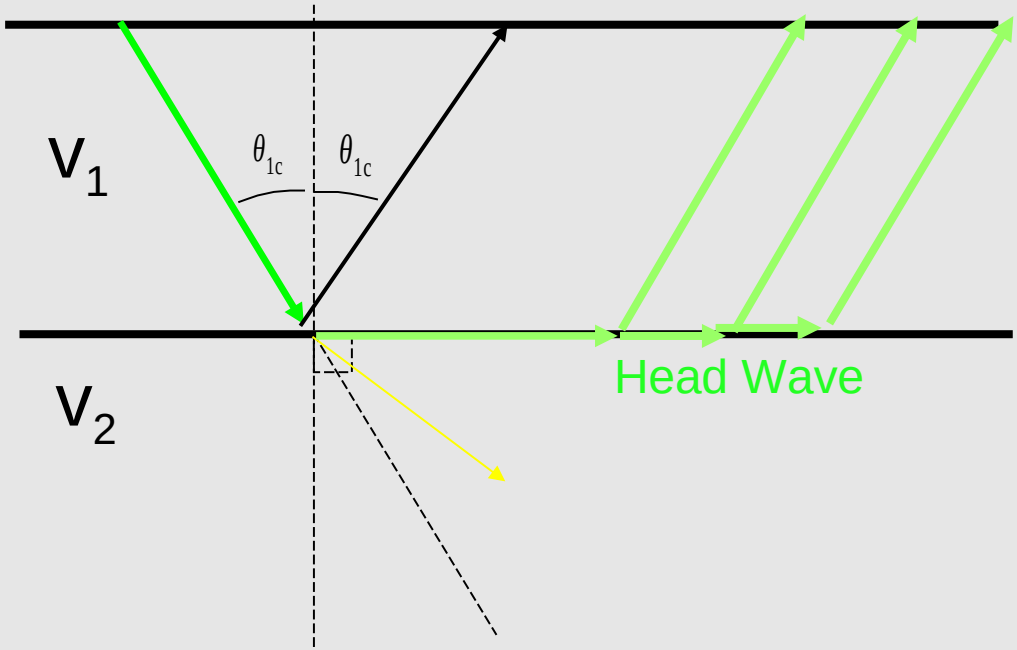
$$\frac{sen(\theta_1)}{V_1} = \frac{sen(\theta_2)}{V_2}$$

Ângulo crítico de incidência

Refração Crítica: para $V_2 > V_1$

$$\frac{\operatorname{sen}(\theta_{1c})}{V_1} = \frac{\operatorname{sen}(90^o)}{V_2}$$

$$\operatorname{sen}(\theta_{1c}) = \frac{V_1}{V_2}$$

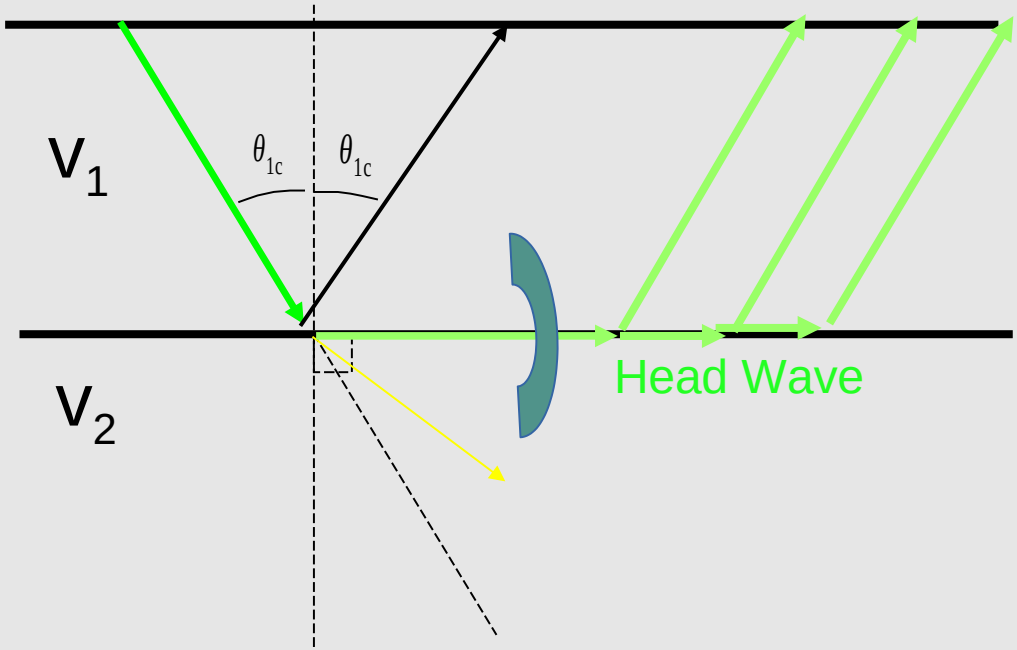


Ângulo crítico de incidência

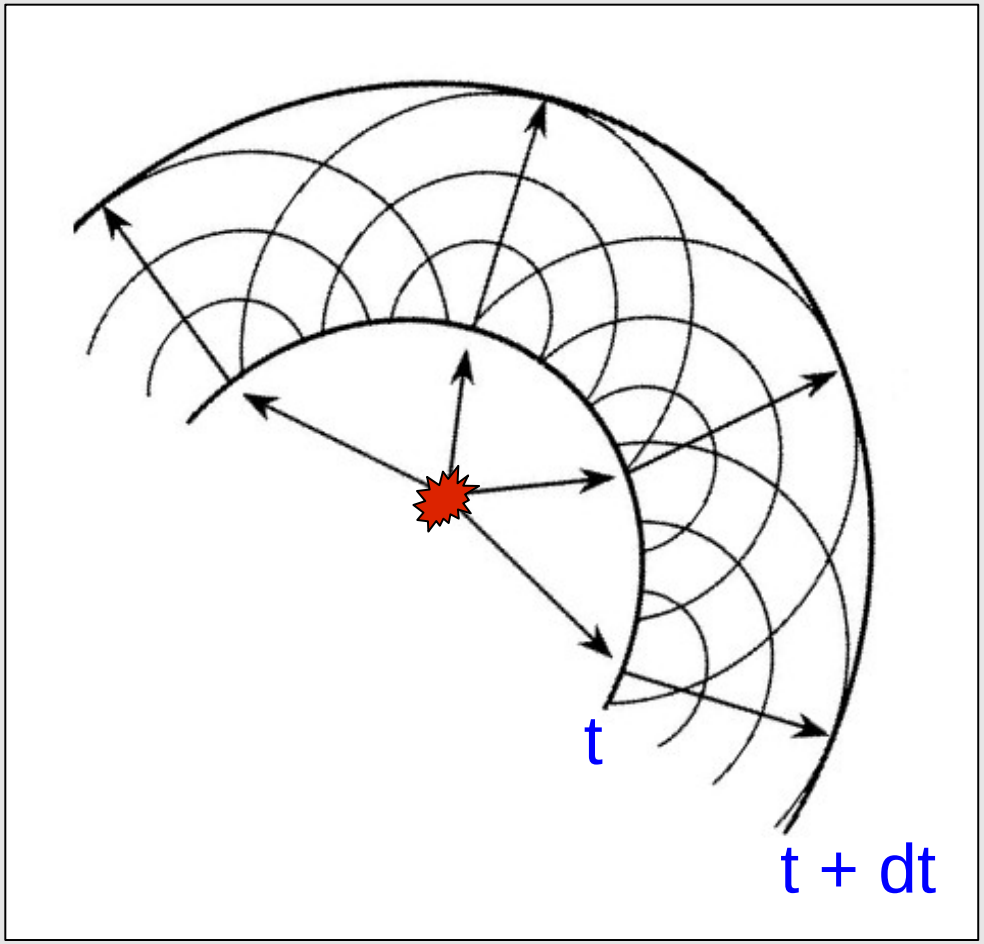
Refração Crítica: para $V_2 > V_1$

$$\frac{\operatorname{sen}(\theta_{1c})}{V_1} = \frac{\operatorname{sen}(90^o)}{V_2}$$

$$\operatorname{sen}(\theta_{1c}) = \frac{V_1}{V_2}$$



Frente de onda e Princípio de Huygens

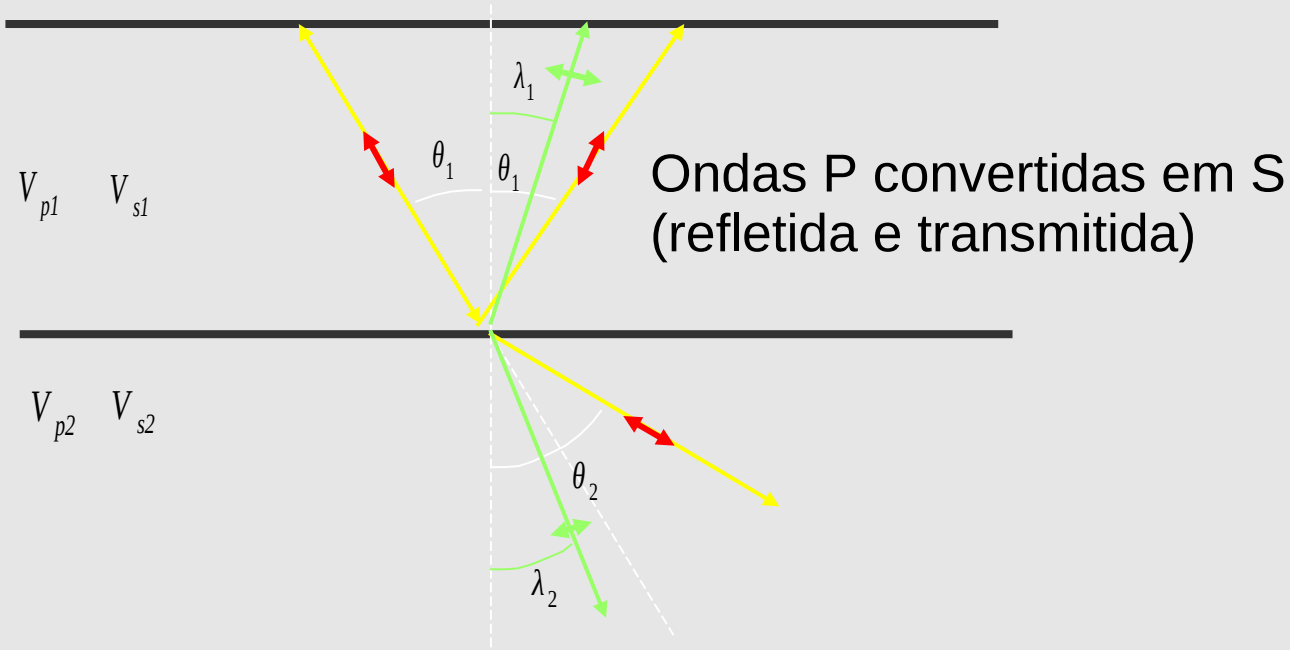


Frentes de onda nos instantes (**t**) e (**t + dt**) após a explosão e frentes de onda secundárias geradas a partir de cada ponto da frente de onda primária.

Princípio de **Huygens**: cada ponto da frente de onda atua como uma fonte secundária de energia. A sobreposição das frentes de onda secundárias originam a frente de onda primária em um novo instante.

Por isso a onda refratada na interface (ângulo de refração igual a 90º) retorna para o meio acima da interface.

Ondas geradas numa interface que separa dois meios elásticos (meios com rigidez em que se propagam ondas sísmicas P e S)

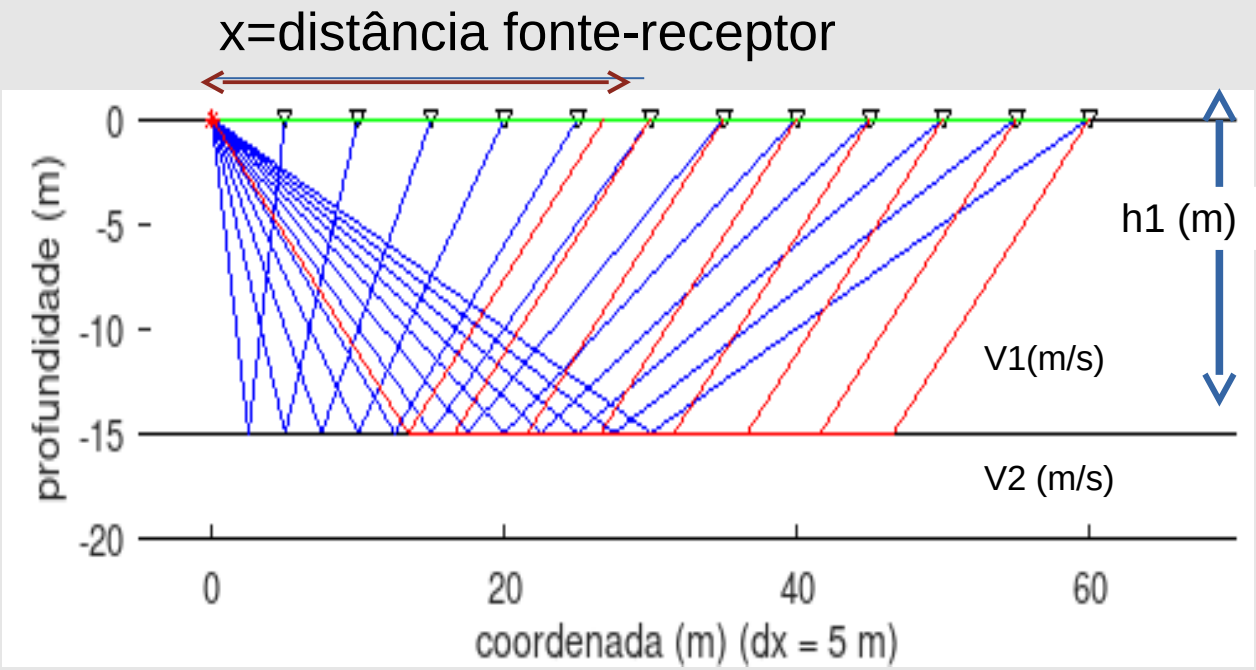


Lei de Snell: parâmetro do raio (p)

$$p = \frac{\operatorname{sen}(\theta_1)}{V_{p1}} = \frac{\operatorname{sen}(\theta_2)}{V_{p2}} = \frac{\operatorname{sen}(\lambda_1)}{V_{s1}} = \frac{\operatorname{sen}(\lambda_2)}{V_{s2}}$$

Equações de tempo - distância: *t*(*x*)
Curvas de tempo - distância: *t*(*x*)

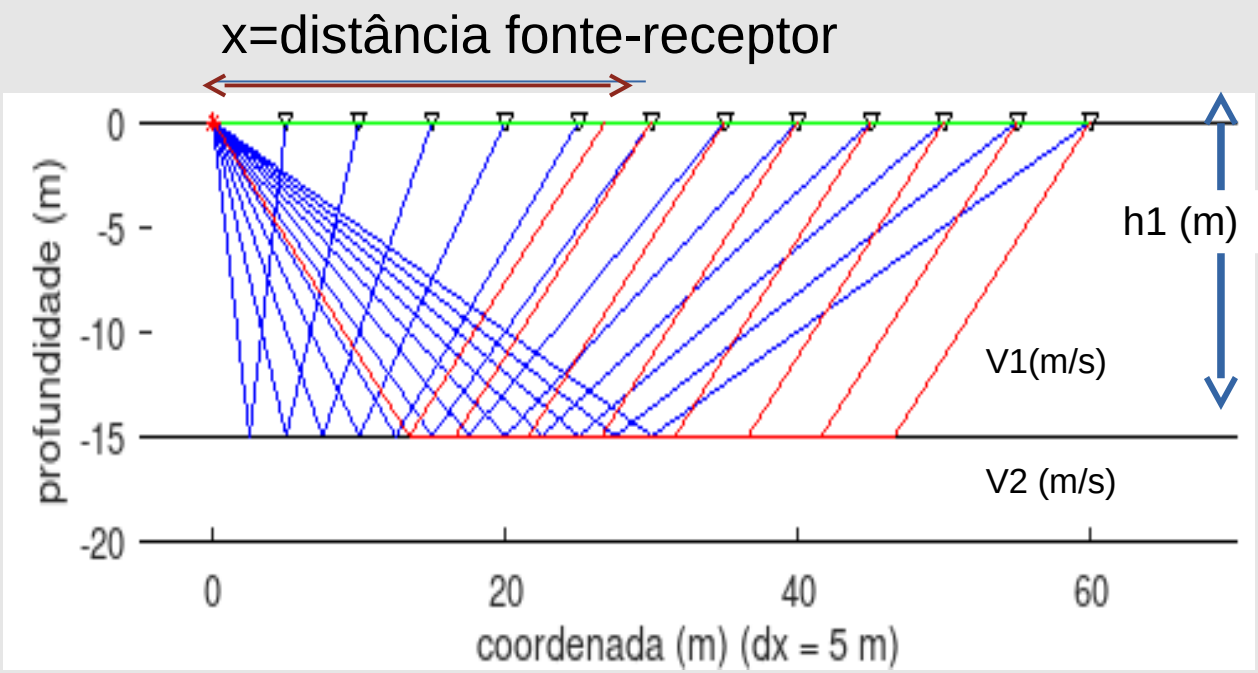
tempo de chegadas das ondas nos geofones



MÉTODOS SÍSMICOS de REFRAÇÃO e de REFLEXÃO

Equações de tempo - distância: *t*(*x*)
Curvas de tempo - distância: *t*(*x*)

tempo de chegadas das ondas nos geofones



Como varia o tempo do caminho percorrido pela onda em subsuperfície conforme o geofone fica mais distante da fonte ?

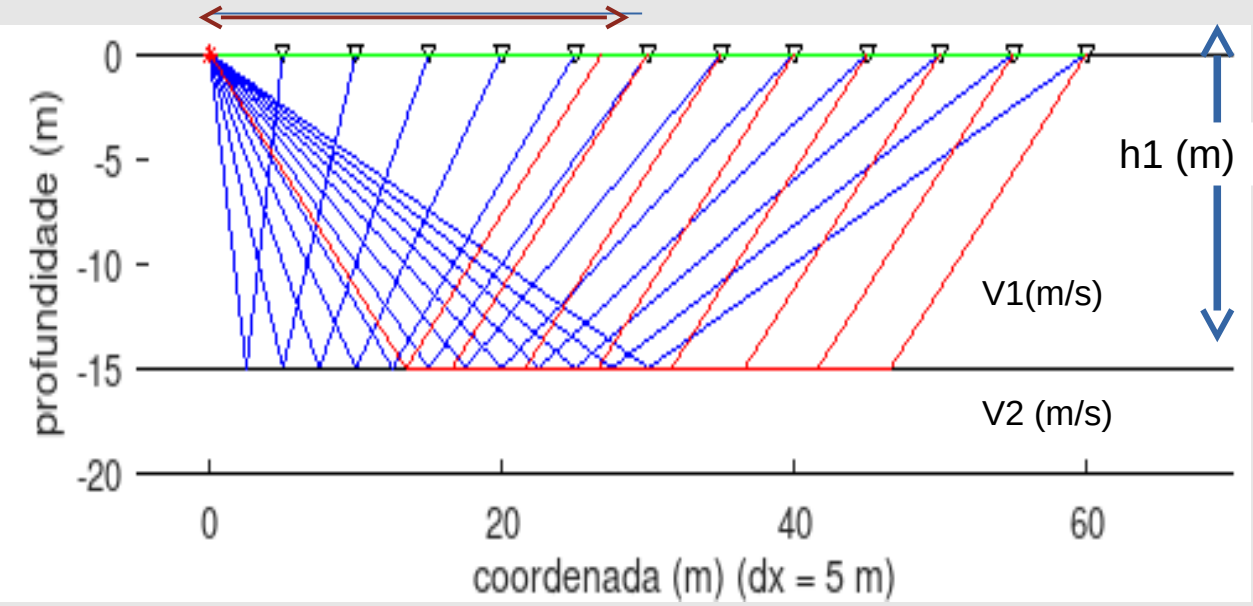
Temos que analisar cada tipo de caminho percorrido.

$$\text{Tempo} = \frac{\text{espaço percorrido}}{\text{velocidade}}$$

Curvas tempo - distância: *t*(*x*)

tempo das chegadas das ondas nos geofones

x=distância fonte-receptor



onda direta:

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

onda refratada (refração crítica) :

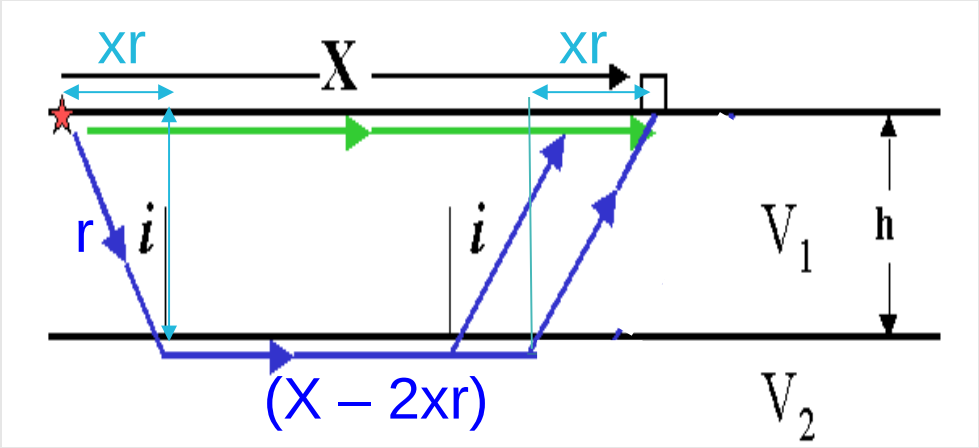
$$t(x) = \frac{x}{V_2} + \frac{2h\cos(i)}{V_1}$$

$$i = ic = i_{12} = arcsen\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

Onda refletida:

$$t^2(x) = \left(\frac{2h}{V_1}\right)^2 + \frac{X^2}{V_1{}^2}$$

Curvas tempo - distância (*t*(*x*)) da onda refrada



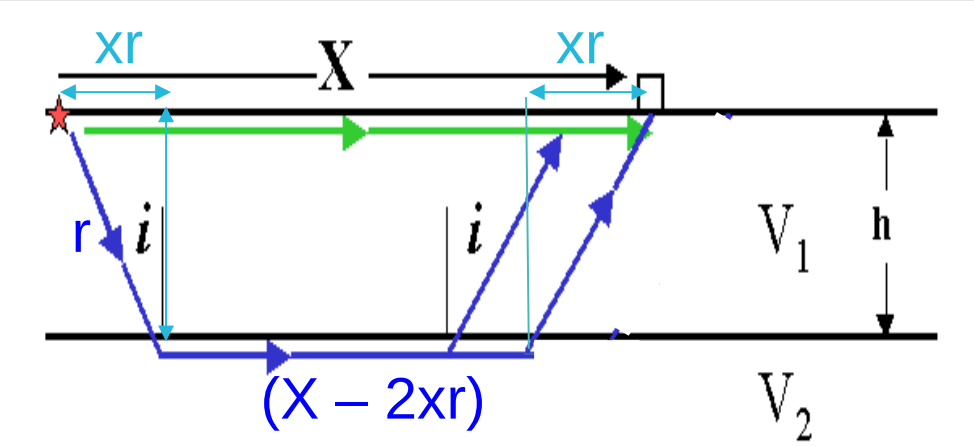
onda refratada
(refração crítica) :

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

$$i = ic = i_{12} = arcsen\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

Tarefa para vocês trabalharem um pouco:
- reconhecer na geometria do esquema acima como chegar na equação t(x) da onda refratada.

Curvas tempo - distância (*t*(*x*)) da onda refrada



onda refratada
(refração crítica) :

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

$$i = ic = i_{12} = arcsen\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

Tarefa para vocês trabalharem um pouco:
- reconhecer na geometria do esquema acima como chegar na equação t(x) da onda refratada.

AMANHÃ CONTINUAMOS DAQUI