

AGG116 / 2020

Introdução à Geofísica II

Métodos Sísmicos

Introdução

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

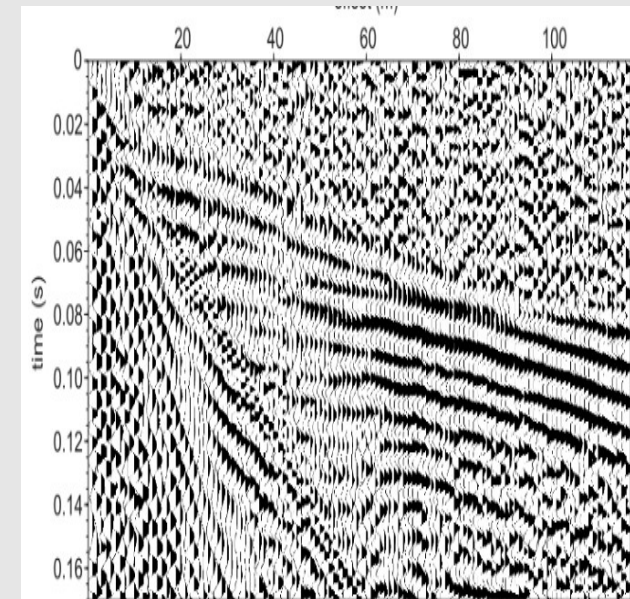
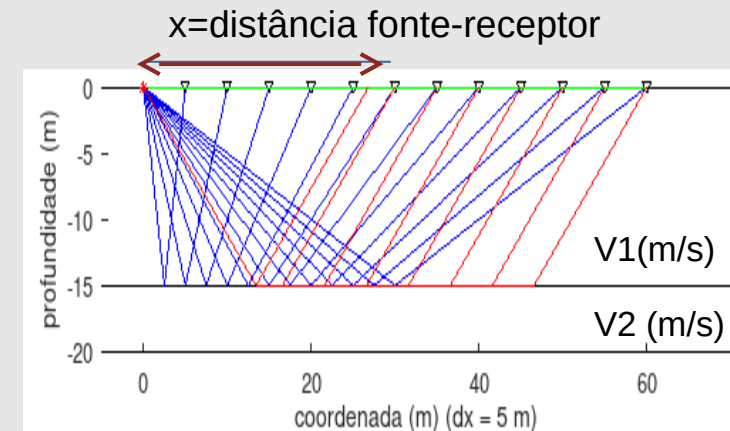
- Registros sísmicos:

- aquisição de dados sísmicos

- interpretação das chegadas das ondas nos sismogramas

- interpretação da geologia em subsuperfície a partir da informação

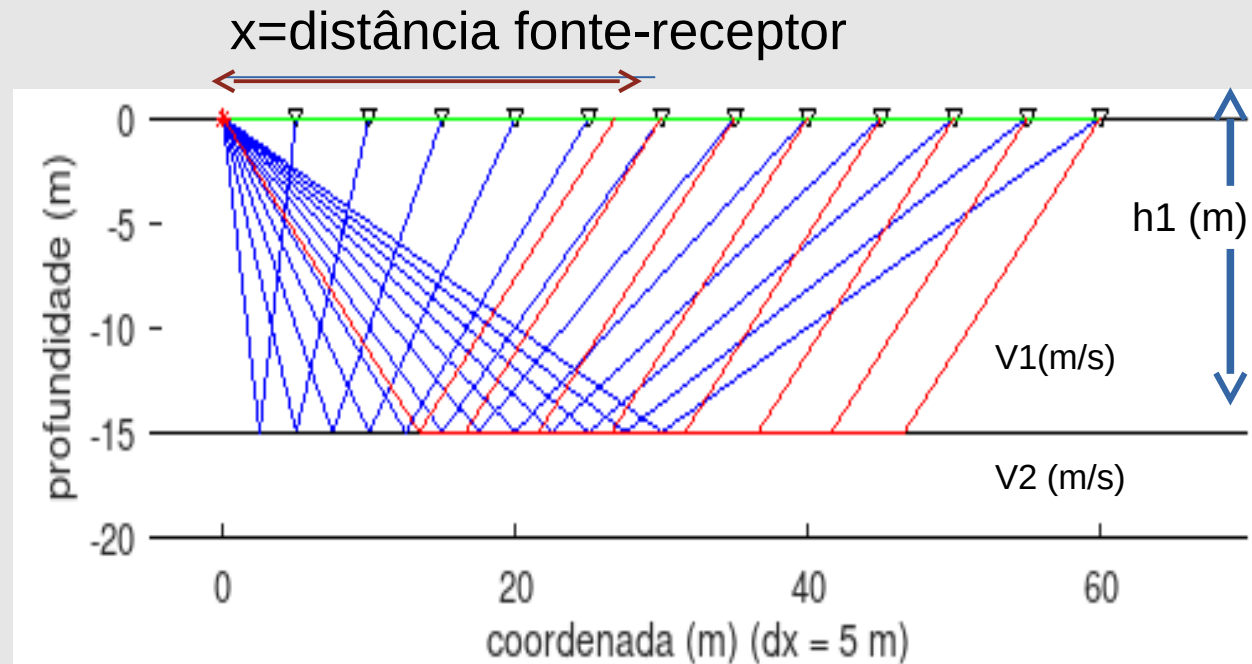
dos tempos de chegada das ondas



Equações de tempo - distância: $t(x)$

Curvas de tempo - distância: $t(x)$

tempo de chegadas das ondas nos geofones

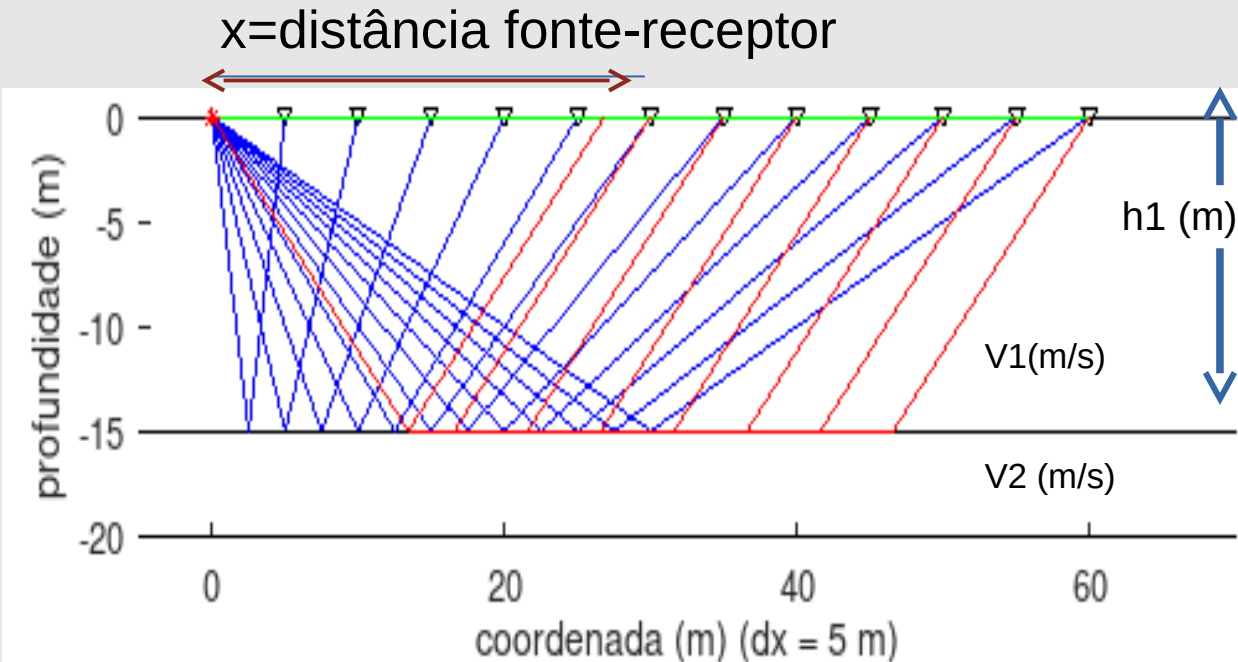


MÉTODOS SÍSMICOS de REFRAÇÃO e de REFLEXÃO

Equações de tempo - distância: $t(x)$

Curvas de tempo - distância: $t(x)$

tempo de chegadas das ondas nos geofones



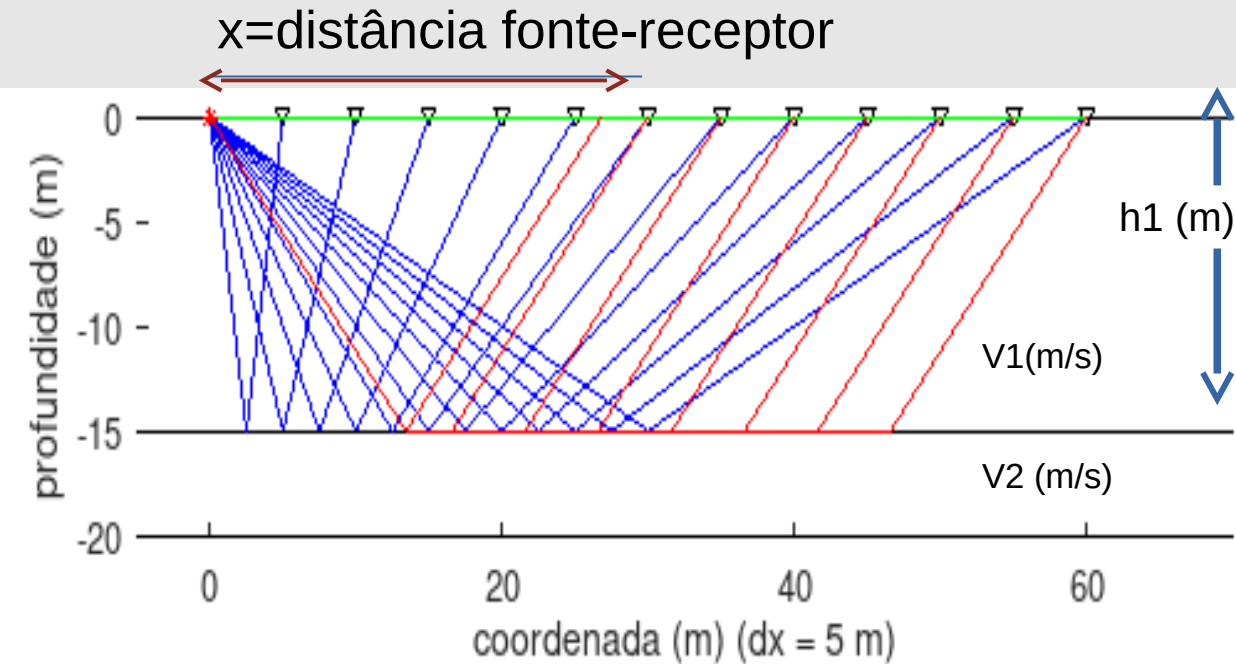
Como varia o tempo do caminho percorrido pela onda em subsuperfície conforme o geofone fica mais distante da fonte ?

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



onda direta:

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

onda refratada
(refração crítica):

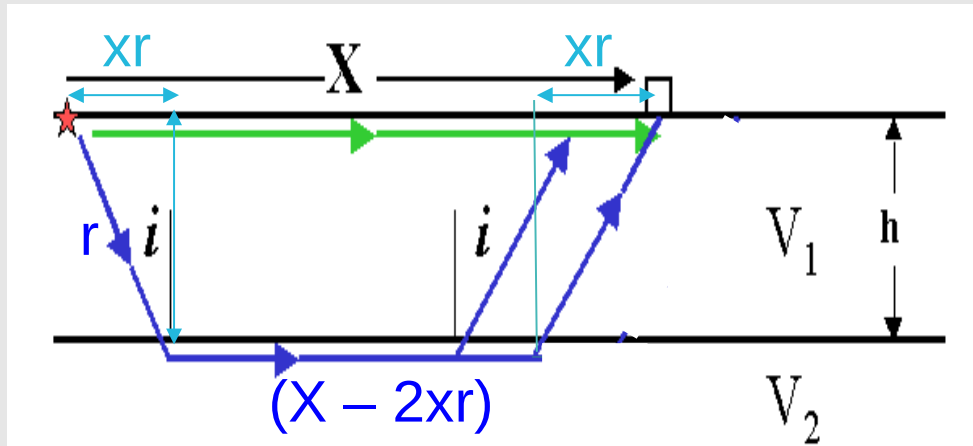
$$t(x) = \frac{x}{V_2} + \frac{2h \cos(i)}{V_1}$$

Onda refletida:

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

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

Curvas tempo - distância ($t(x)$) da onda refratada



onda refratada
(refração crítica) :

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

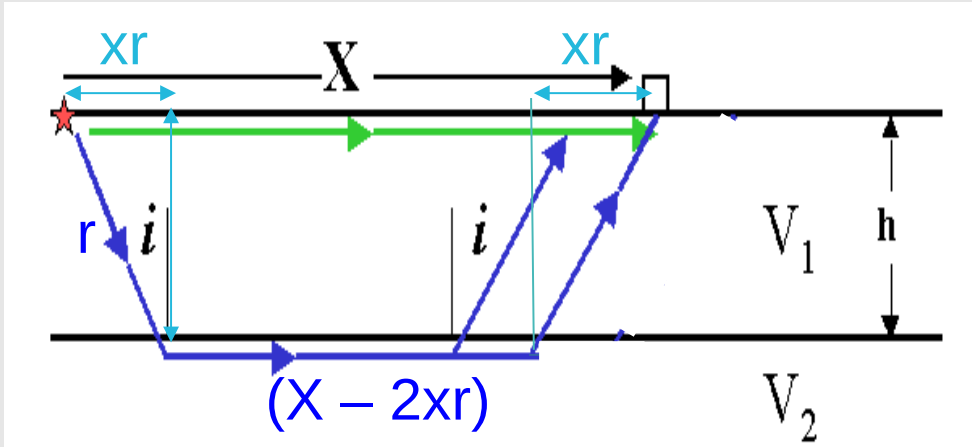
$$i = i_c = i_{12} = \arcsen\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

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

Na aula 1 PARAMOS DAQUI

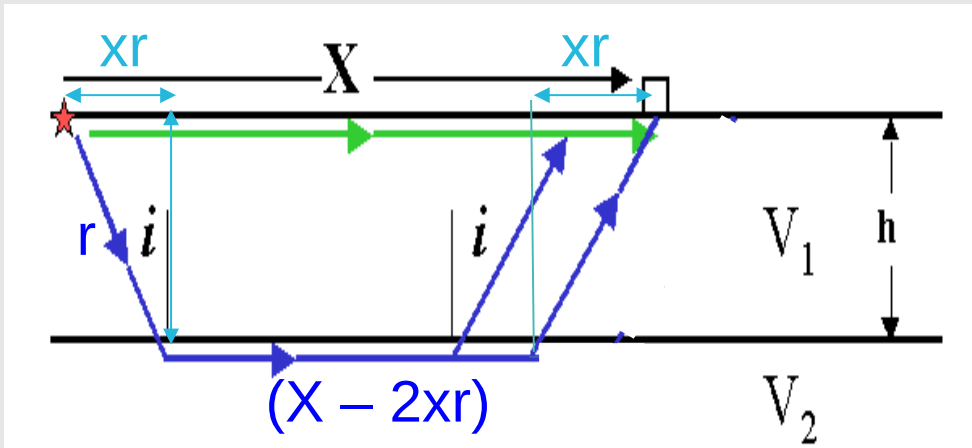
Curvas tempo - distância: $t(x)$

das chegadas das ondas nos geofones



$$t(x) = \frac{2r}{V_1} + \frac{X - 2xr}{V_2}$$

Curvas tempo - distância: $t(x)$ das chegadas das ondas nos geofones



$$t(x) = \frac{2r}{V_1} + \frac{X - 2xr}{V_2}$$

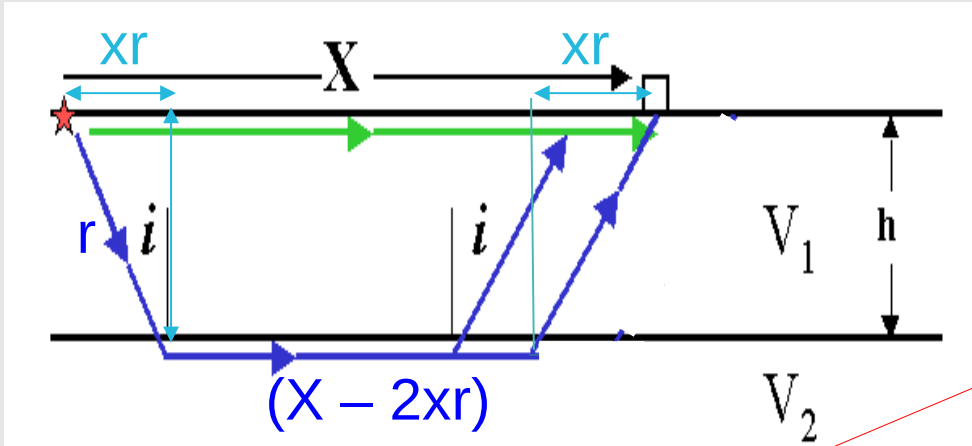
$$\cos(i) = \frac{h}{r} \rightarrow r = h / \cos(i)$$

$$\operatorname{tg}(i) = \frac{xr}{h} \rightarrow xr = h \operatorname{tg}(i)$$

$$\sin(i) = \frac{V_1}{V_2};$$

Curvas tempo - distância: $t(x)$

das chegadas das ondas nos geofones



$$t(x) = \frac{2r}{V_1} + \frac{X - 2xr}{V_2}$$

$$\cos(i) = \frac{h}{r} \rightarrow r = h / \cos(i)$$

$$\operatorname{tg}(i) = \frac{xr}{h} \rightarrow xr = h \operatorname{tg}(i)$$

$$\sin(i) = \frac{V_1}{V_2};$$

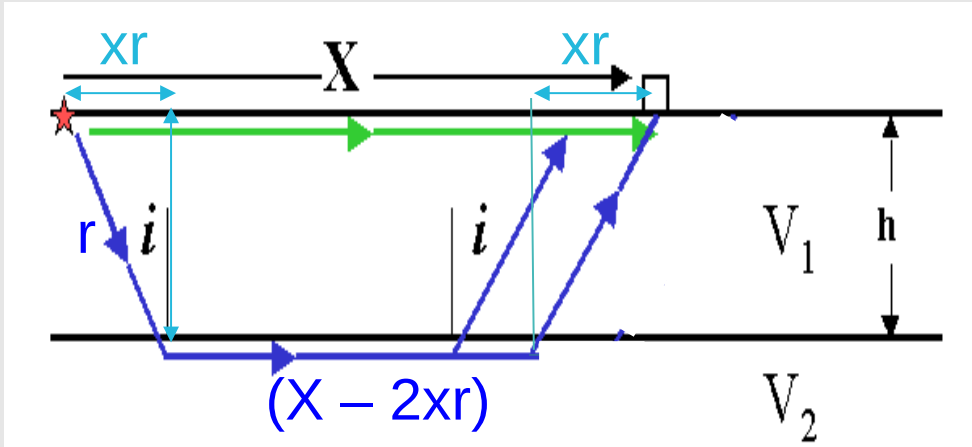
$$t(x) = \frac{2h}{V_1 \cos(i)} + \frac{X - 2h \operatorname{tg}(i)}{V_2}$$

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

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

Curvas tempo - distância: $t(x)$

das chegadas das ondas nos geofones



$$t(x) = \frac{2r}{V_1} + \frac{X - 2xr}{V_2}$$

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

$$\cos(i) = \frac{h}{r} \rightarrow r = h / \cos(i)$$

$$\operatorname{tg}(i) = \frac{xr}{h} \rightarrow xr = h \operatorname{tg}(i)$$

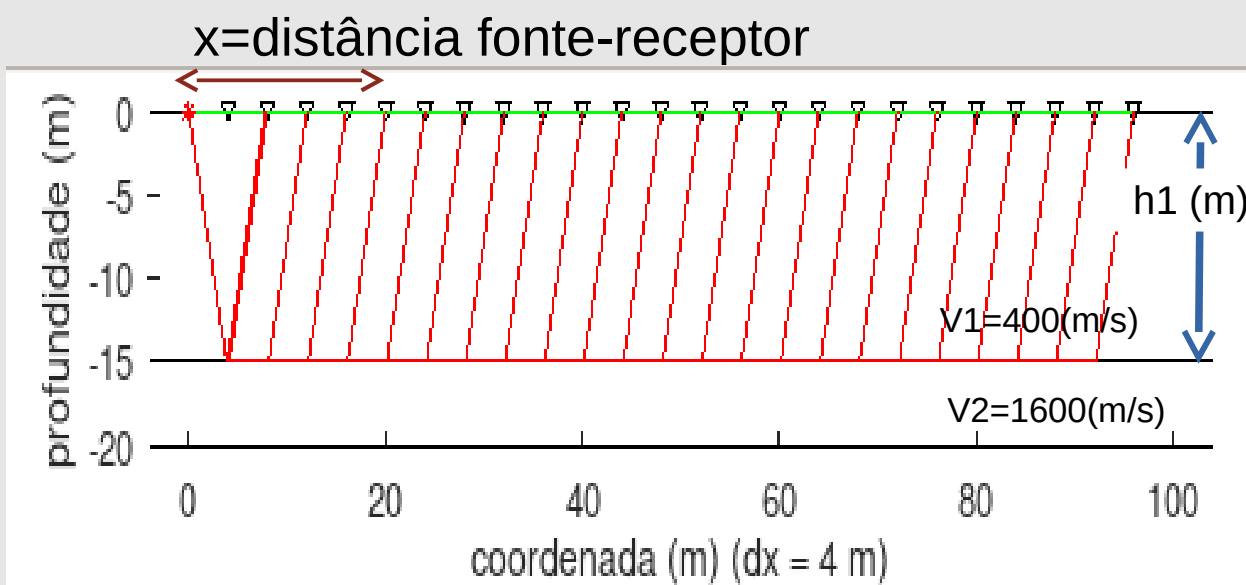
$$\sin(i) = \frac{V_1}{V_2};$$

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

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

$$\cos^2(i) = 1 - \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{V_2^2}$$

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

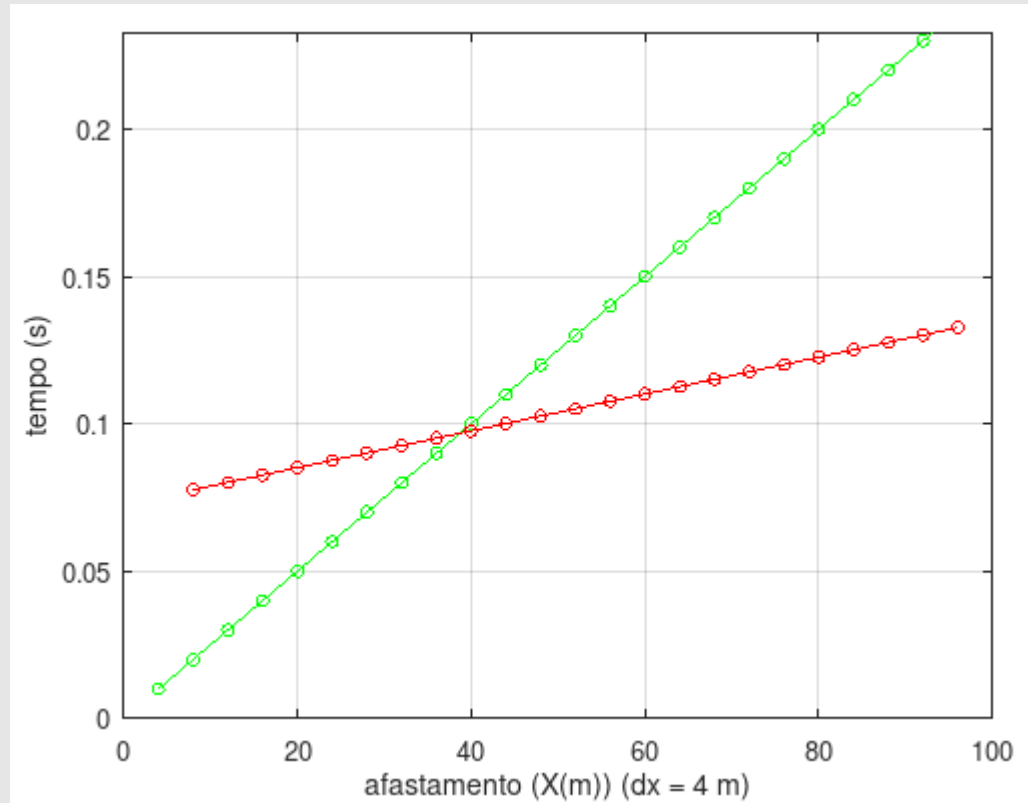


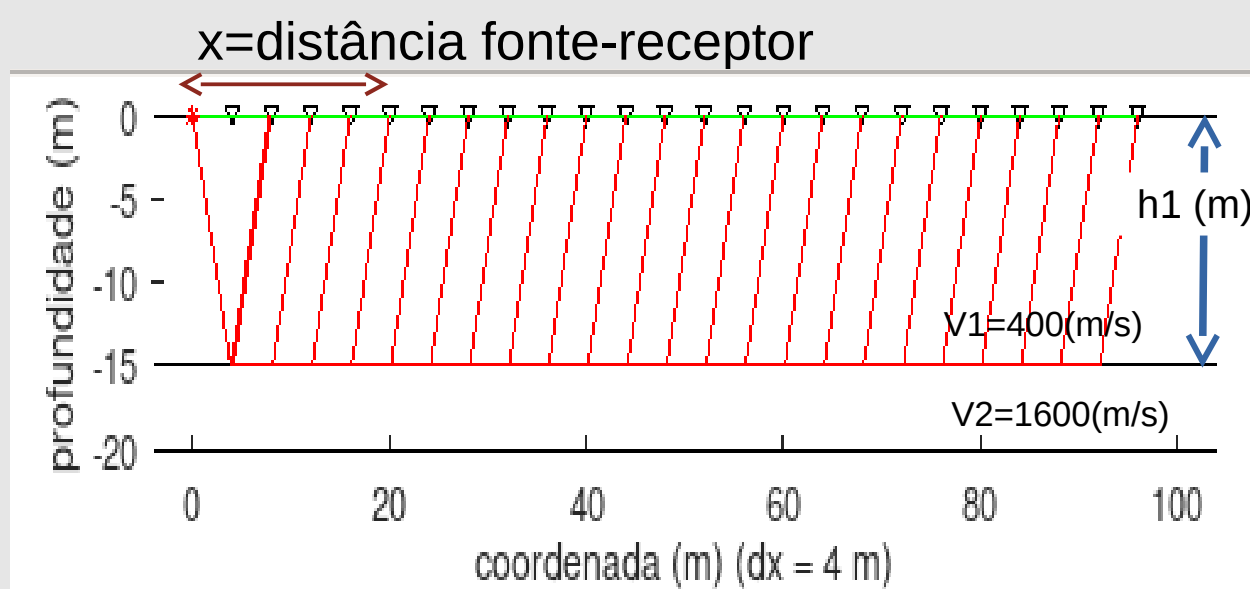
onda direta: $t(x) = \frac{X}{V_1}$

onda refratada:

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

Gráfico das curvas de tempo-distância das ondas direta e refratada



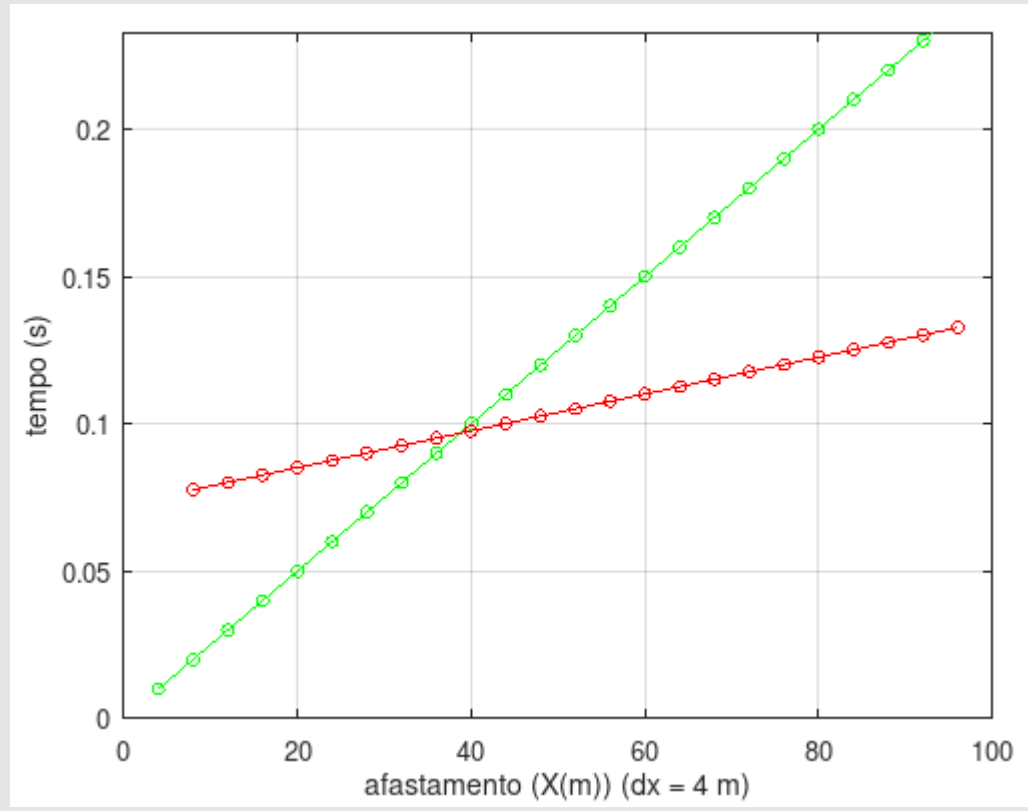


onda direta: $t(x) = \frac{X}{V_1}$

onda refratada:

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

Gráfico das curvas de tempo-distância das ondas direta e refratada



Qual o coeficiente angular das eqs. dessas retas?

- da onda direta:

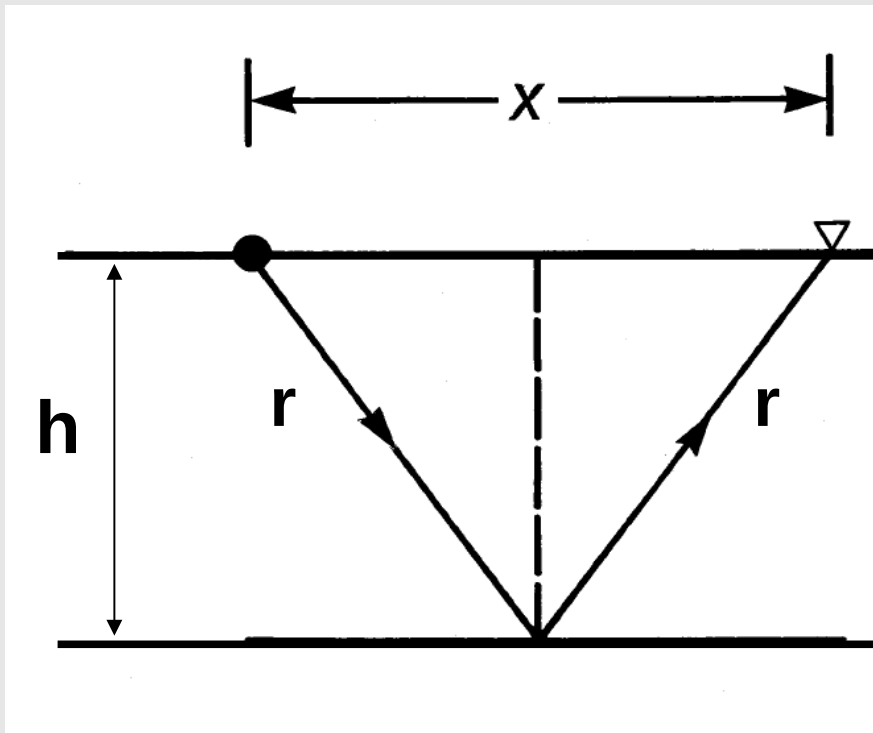
- da onda refratada:

Qual o coeficiente linear das eqs. dessas retas?

- da onda direta:

- da onda refratada:

Onda refletida



$$t(x) = \frac{2r}{V_1}$$

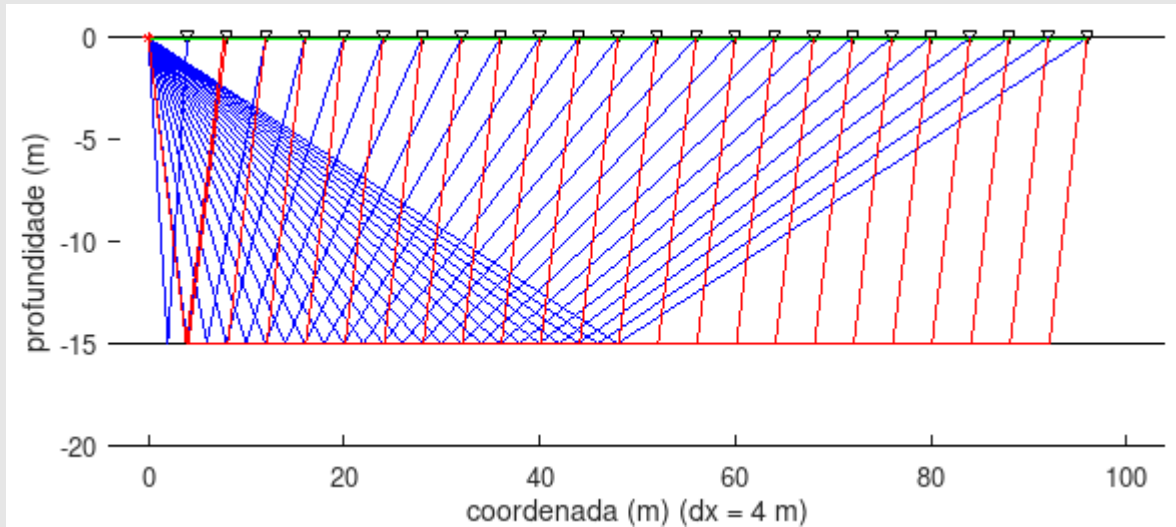
$$r^2 = h^2 + (X/2)^2$$

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

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

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

Gráfico das curvas de tempo-distância das ondas: direta, refratada e refletida



onda direta:

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

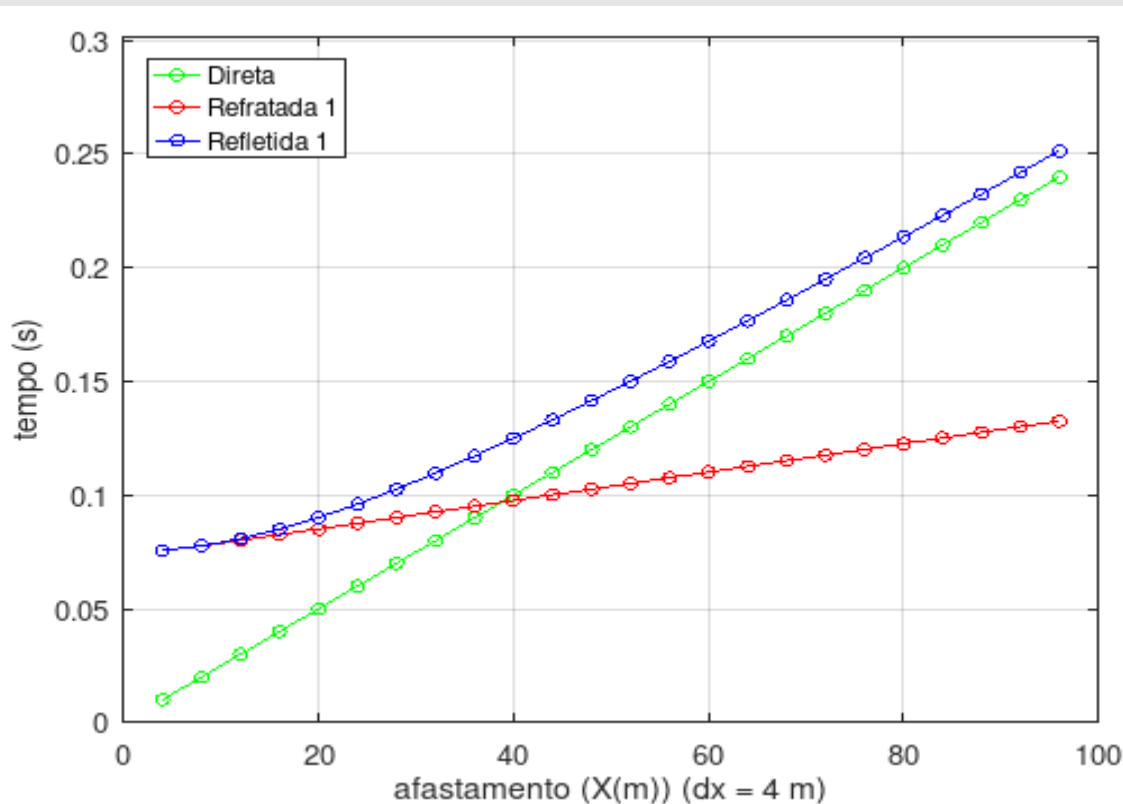
onda refratada
(refração crítica):

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

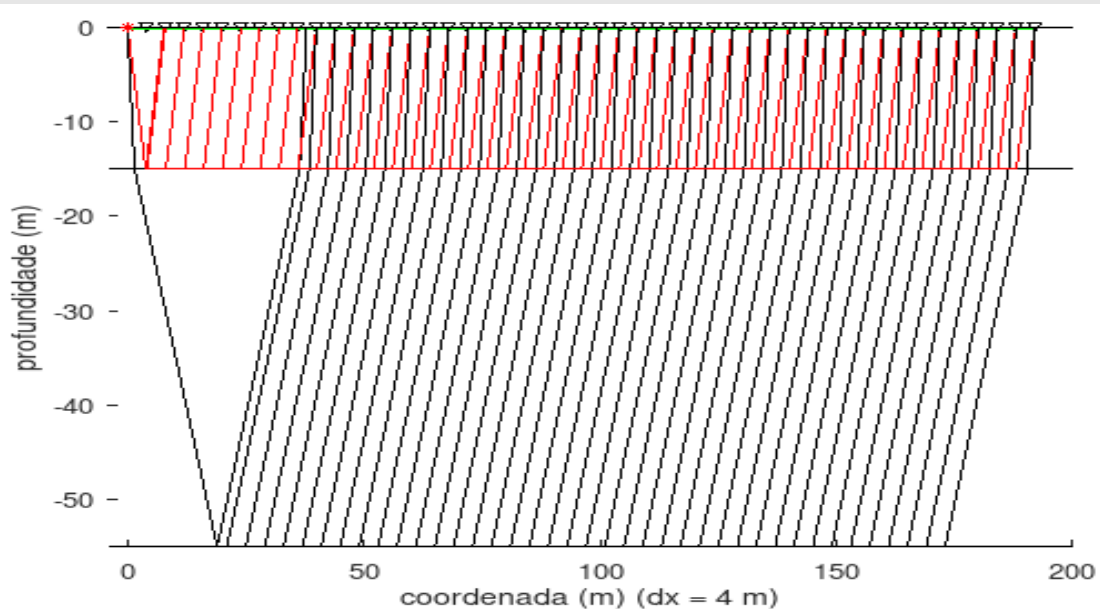
onda refletida

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

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



Modelo de três camadas (duas interfaces)

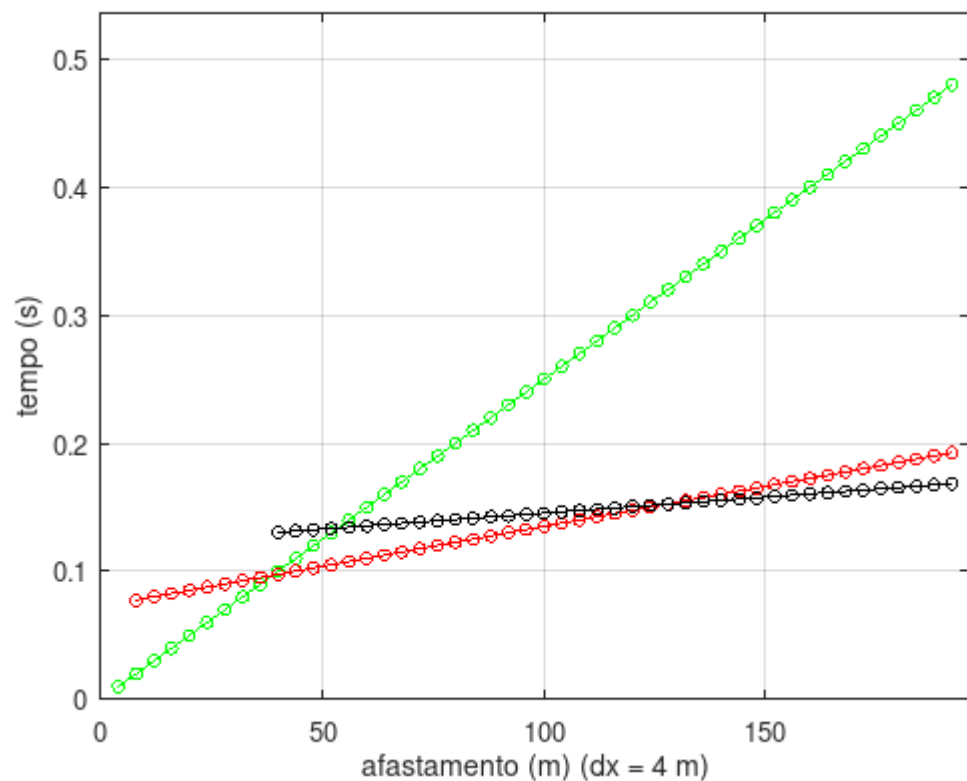


onda refratada na primeira interface:

$$t(x) = \frac{x}{V_2} + \frac{2h_1 \cos(i_{12})}{V_1}$$

curva tempo-distância da refração crítica na segunda interface:

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

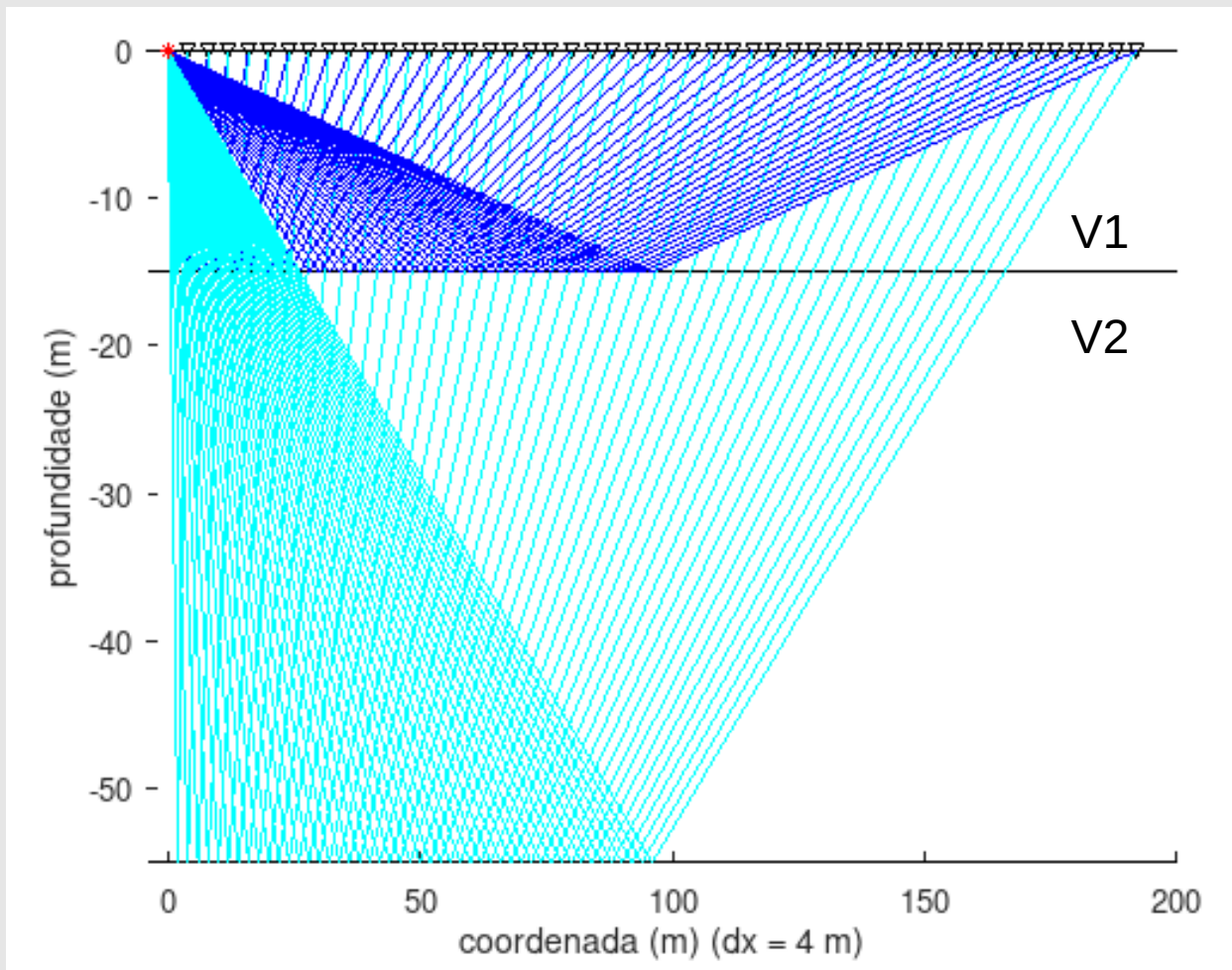


notação para os ângulos de incidência e de refração:

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

Modelo de três camadas (duas interfaces)

Aproximação na Equação $t(x)$ da refletida para mais do que uma camada



onda refletida camada 1

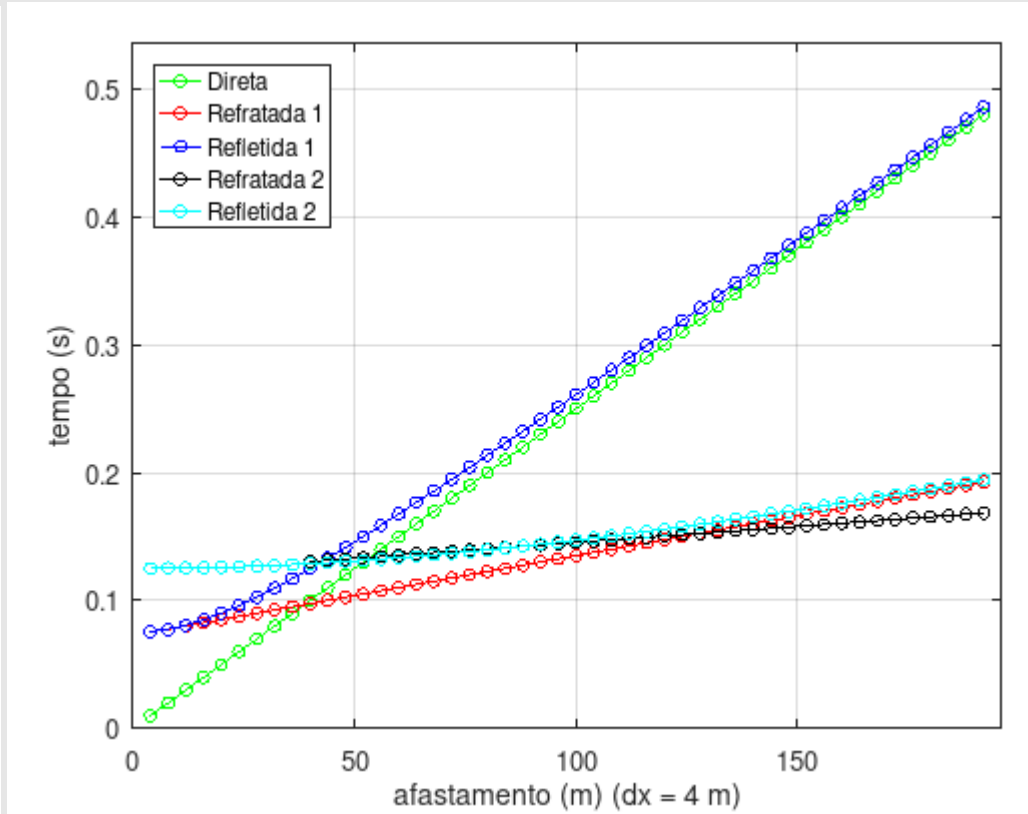
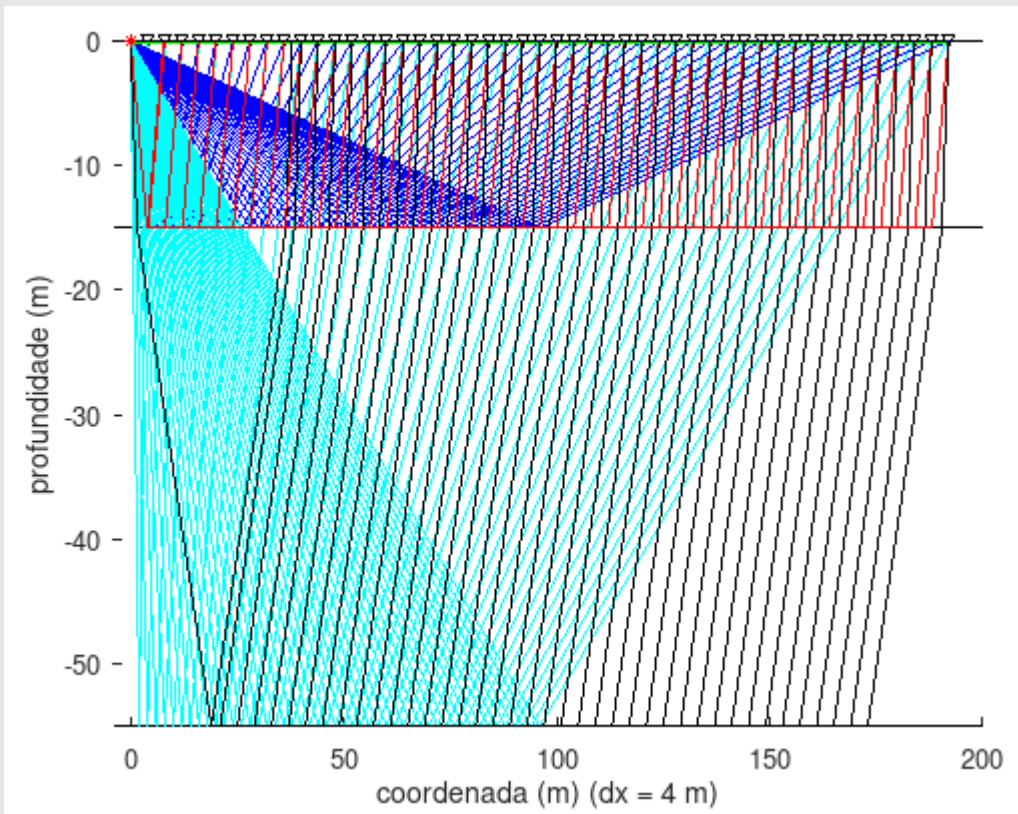
$$t^2(x) = t_0^2 + \frac{X^2}{V_1^2}$$

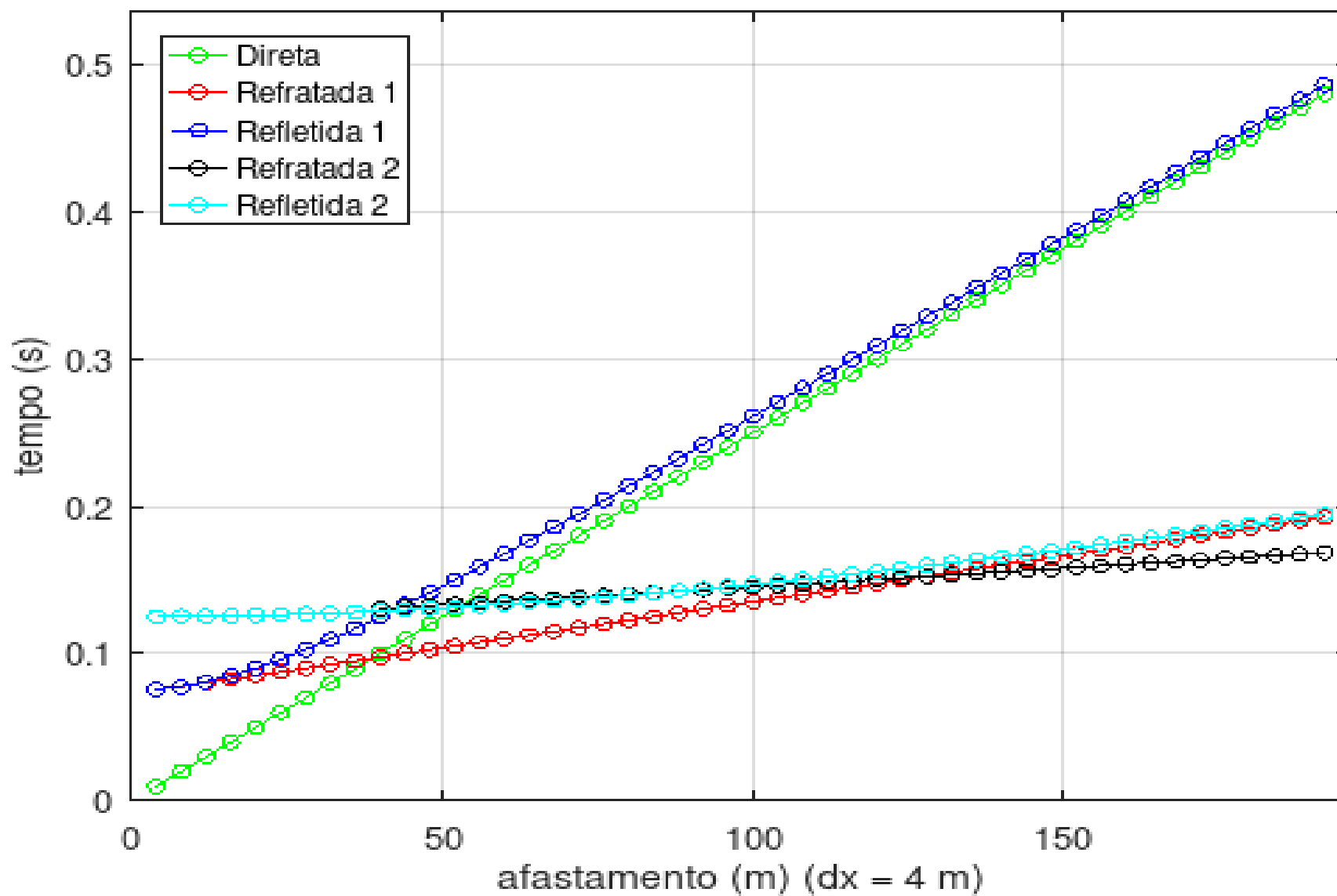
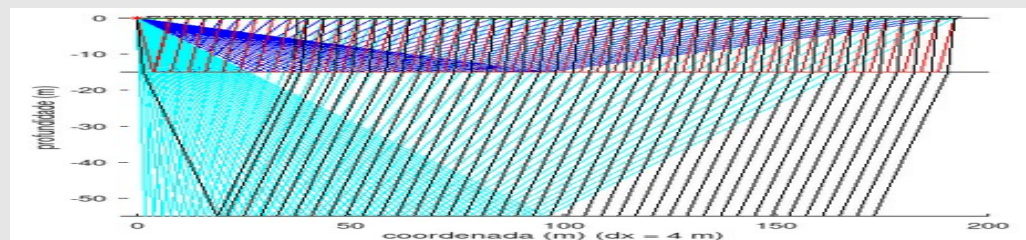
$$t_0 = \frac{2h}{V_1}$$

Eq. aproximada da onda refletida camada 2:

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

$$t_0 = \frac{2h_1}{V_1} + \frac{2h_2}{V_2}$$





Nos exercícios computacionais das próximas aulas iremos explorar as características das curvas tempo-distância ($t(x)$) da chegada das ondas sísmicas: direta, refratadas e refletidas.