Princípios do Método de Refração Sísmica

Antes de estudar o caso de duas camadas, vamos deduzir geometricamente a equação do tempo da onda refratada para uma única camada.

A Fig. 1 abaixo mostra o caso simples de uma camada de velocidade V_1 e espessura h, sob um semi-espaço de velocidade V_2.

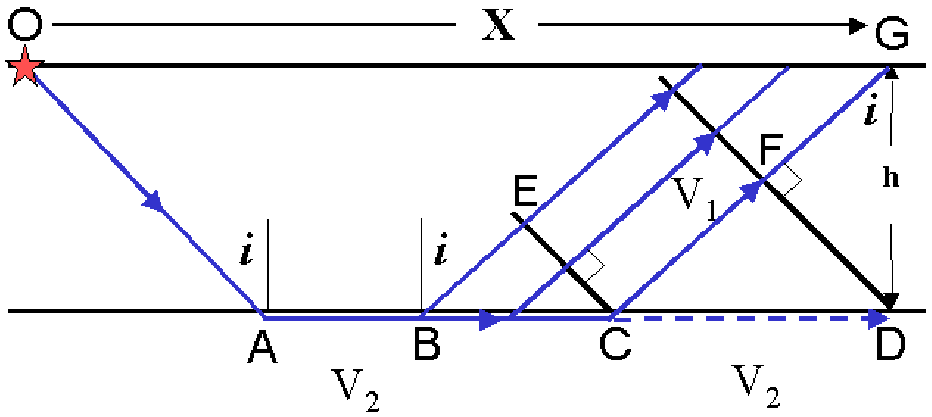

Fig. 1. Trajetória da onda refratada criticamente.

O ângulo crítico de refração, i, é dado por sen $i = V_1/V_2$. O tempo de percurso da onda emitida pela fonte em **O**, refratada na camada 2, e registrada pelo geofone em **G** (percurso **OACG**) é dado pela soma dos tempos em cada trecho do percurso. Chamando este tempo de "t_2", teremos

$$t_2 = \frac{OA}{V_1} + \frac{AC}{V_2} + \frac{CG}{V_1}$$

substituindo os trechos OA e CG em função da espessura h e do ângulo i, etc., e após alguma manipulação, pode-se chegar à equação do tempo da onda refratada na camada 2:

$$t_2 = \frac{X}{V_2} + \frac{2h\cos i}{V_1} \qquad [1]$$

Note que X é a distância total entre fonte e geofone medida na superfície.

1. Use o conceito de frente de onda para deduzir a equação 1 geometricamente. Pelo princípio de Huygens, o ponto **B**, ao ser atingido pela onda refratada gera ondas que se propagam pela camada 1. Quando a onda refratada estiver no ponto **C**, <u>neste mesmo instante</u> a onda emitida pelo ponto **B** estará no ponto **E**. <u>A reta **EC** é a frente de onda gerada pela refratada ao longo do percurso **BC**</u>. Note que todos os pontos de uma frente de onda têm o mesmo tempo de propagação! Use este conceito e analise o tempo de percurso no trecho **CG**. Considere a frente de onda **FD** que passa pelo ponto **D** imediatamente abaixo do geofone **G**. O tempo de percurso **CF** na camada 1 é igual ao tempo no trecho **CD** na camada 2! Use esta observação para deduzir a equação 1.

Caso de duas camadas

A Fig. 2 abaixo mostra uma onda refratada criticamente no topo da camada 3 (com velocidade V_3) após ter passado por duas camadas de velocidades V_1 e V_2. e espessuras h_1 e h_2.

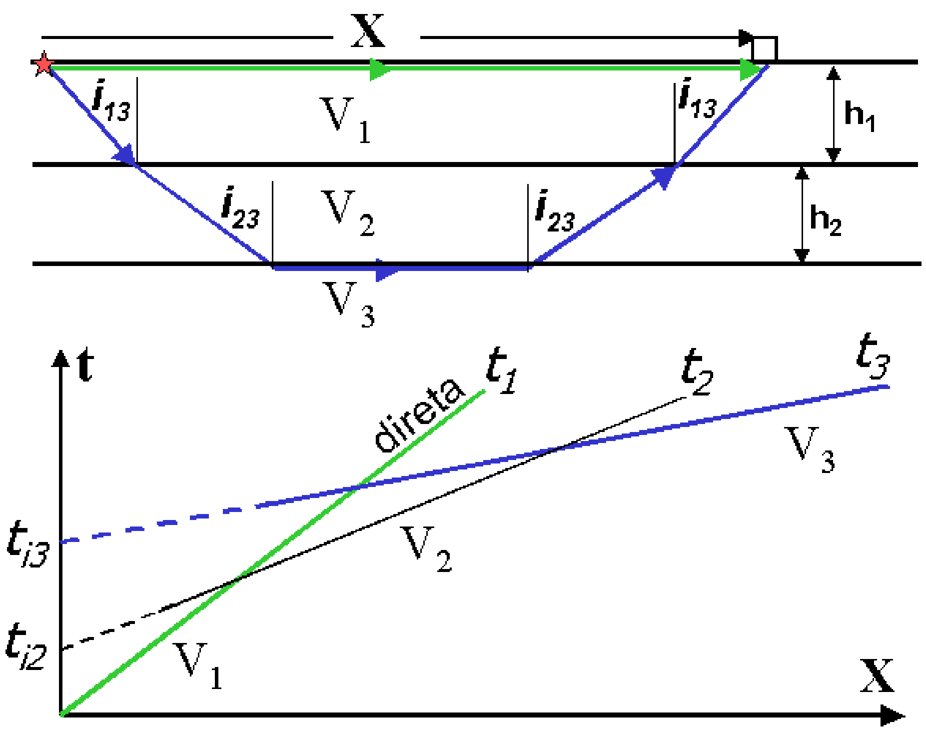

Fig. 2. Refração de duas camadas sobre um semi-espaço. No gráfico de baixo, t_1 é a onda direta na camada 1; t_2 é a primeira refração do topo da camada 2 e t_3 é a refração do topo da camada 3.

No desenho das camadas (Fig. 2), a incidência com ângulo crítico é da camada 2 para a 3. Isto é, i_{23} é o ângulo da onda que está na camada **2** e que terá uma refração crítica na camada **3**. Portanto, sen $i_{23} = V_2/V_3$.

2. Demonstre pela Lei de Snell que o ângulo da onda na camada 1 é dado por sen $i_{13} = V_1/V_3$.

3. Demonstre pela Lei de Snell que a velocidade aparente da onda na superfície é igual a V_3.

Pode-se mostrar, pelo mesmo método geométrico anterior, que o tempo de percurso da onda refratada na camada 3 é dado por

$$t_3 = \frac{X}{V_3} + \frac{2h_1 \cos i_{13}}{V_1} + \frac{2h_2 \cos i_{23}}{V_2} \qquad [2]$$

4. Um pequeno perfil de refração sísmica com registros até 30 metros mostrou os tempos plotados no gráfico abaixo. Interprete os dados. Determine inicialmente as velocidades das três camadas. Use a equação 1 com a onda direta e refração da 2a. camada para obter a espessura da primeira camada, h_1. Confirme o valor de h_1 usando a distância de cruzamento entre a onda direta e a primeira refração. Para obter a espessura h_2, conhecendo-se h_1, use a equação 2 com a onda refratada na 3a. camada. Os tempos são dados em milissegundos.

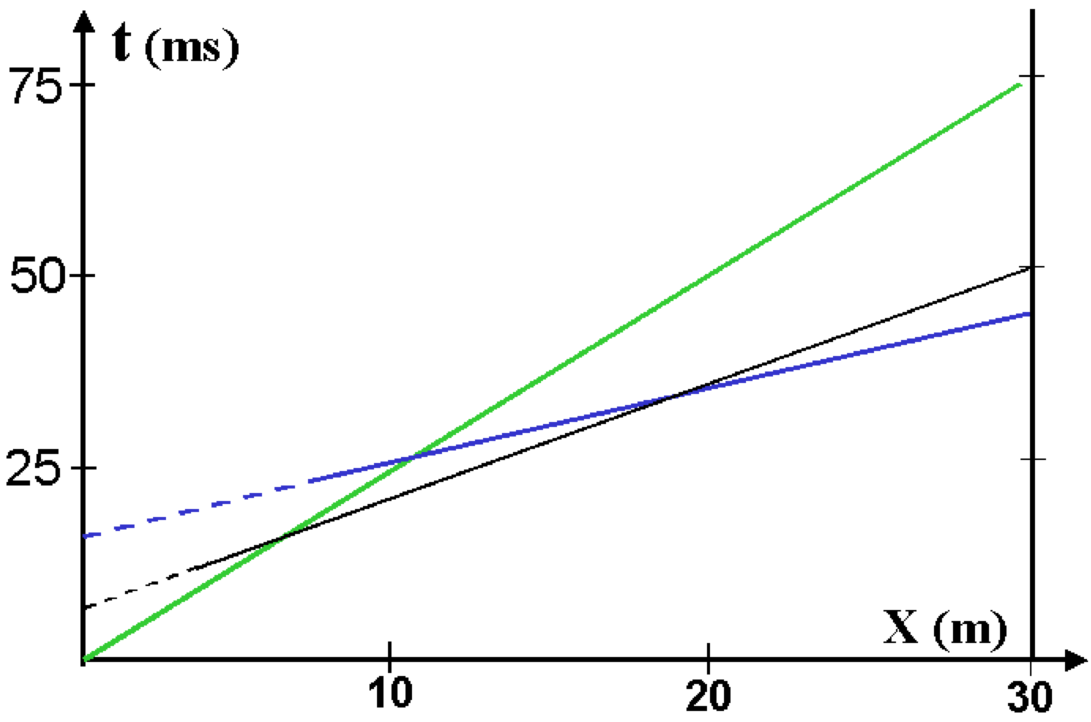

Fig. 3 (exercício 4): Onda direta (verde) e duas refrações críticas.

5. Na Fig. 2, determine a distância de registro (medida na superfície) da onda refletida criticamente na 3a. camada (X_{crit}), em função de h_1, h_2, i_{13} e i_{23}.