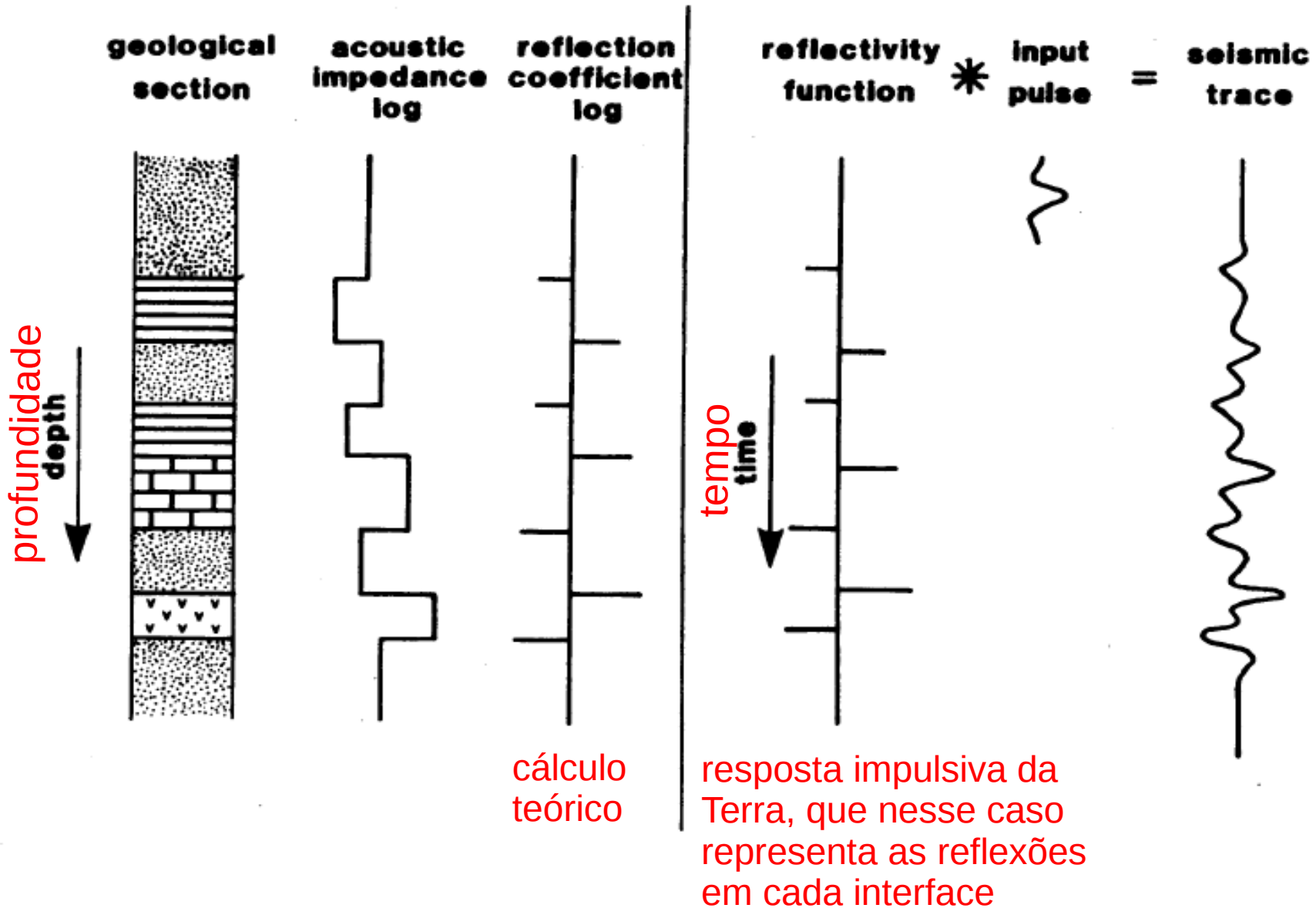


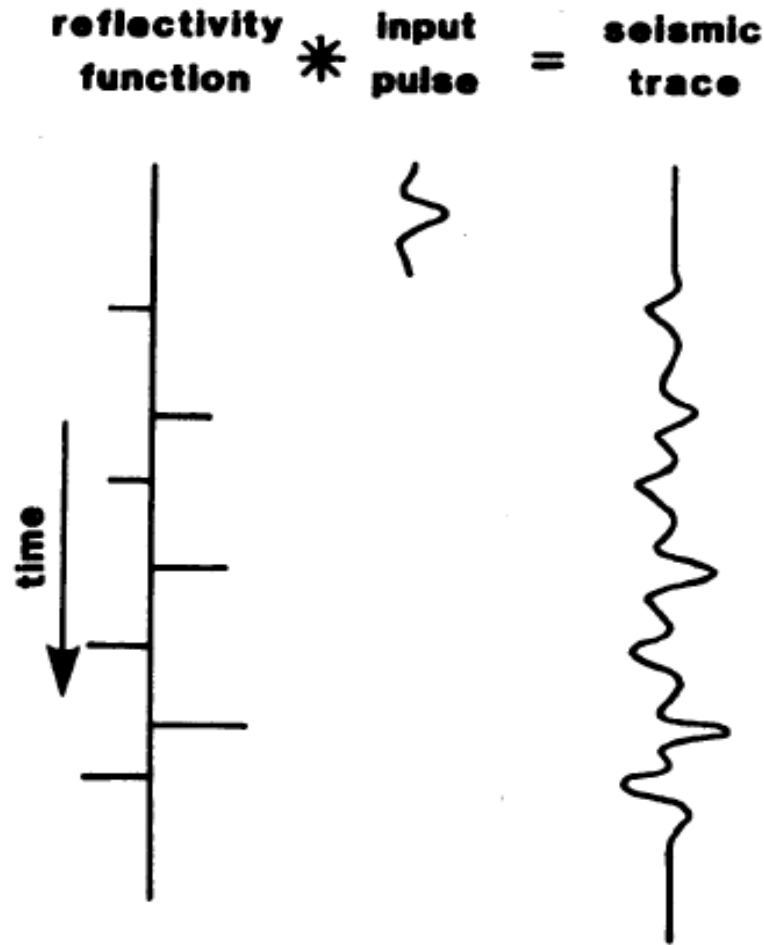
# MODELO CONVOLUCIONAL DO TRAÇO SÍSMICO

## From geology to seismogram



# MODELO CONVOLUCIONAL DO TRAÇO SÍSMICO

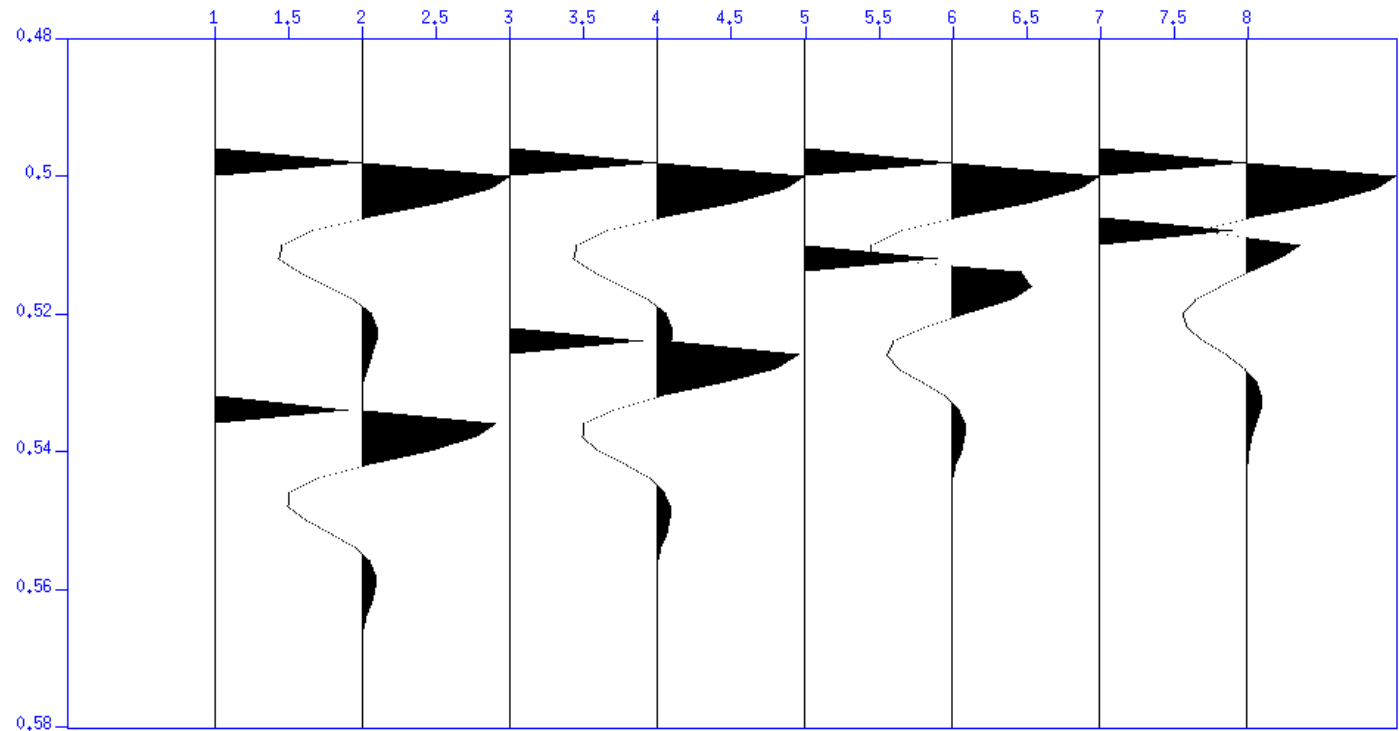
**Do sismograma para a Geologia:** O objetivo do **Filtro inverso** é retirar a wavelet (  $w[t]$  ) do traço sísmico (  $x[t]$  ), recuperando assim a resposta impulsiva da Terra (  $e[t]$  ), que corresponde a imagem em tempo dos refletores



# wavelet X resolução vertical

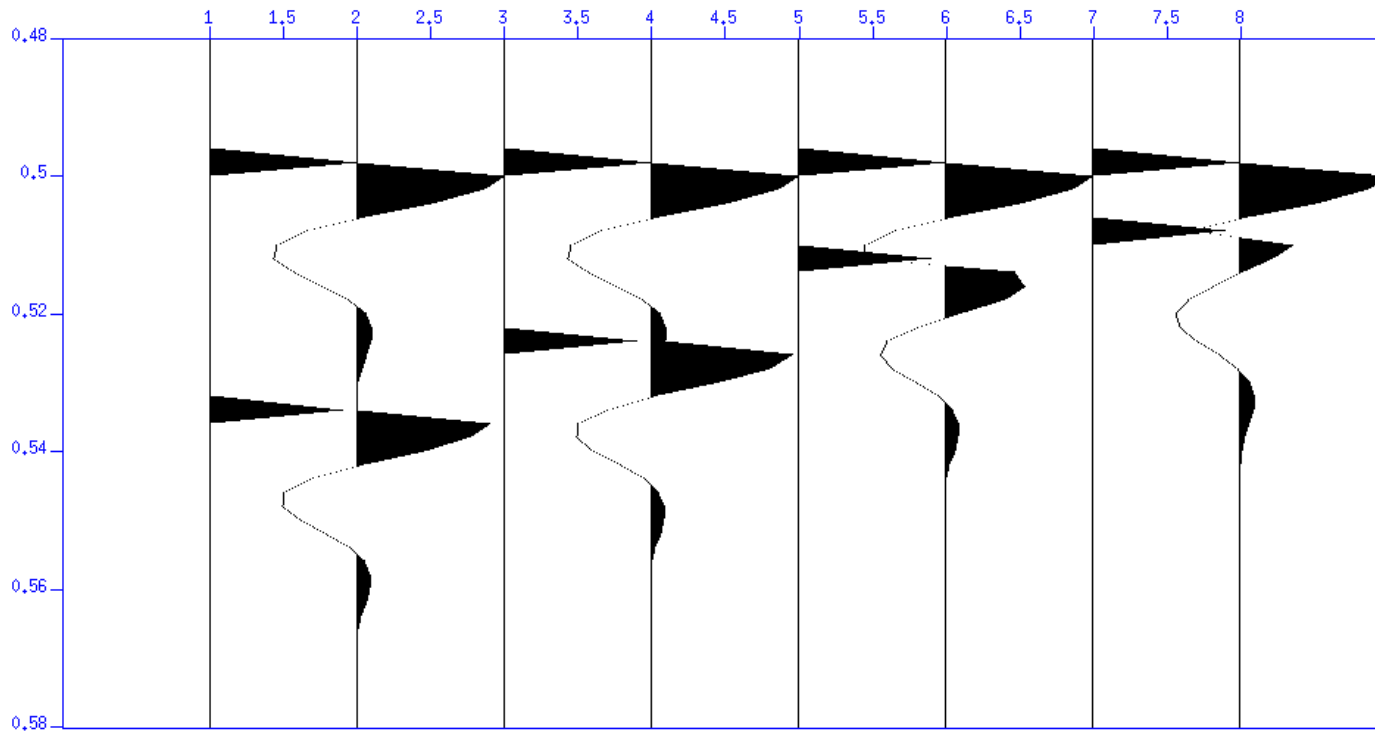
Todos os traços de número par (2, 4, 6 e 8) são a convolução do traço anterior (1, 3, 5, 7) com a mesma wavelet.

Os traços 1, 3, 5, 7 são respostas impulsivas que correspondem à reflexão no topo e na base de uma mesma camada.



Quando a duração da *wavelet* for maior que a distância em tempo da reflexão em duas interfaces, ocorre a sobreposição das *wavelets*.

# wavelet X resolução vertical



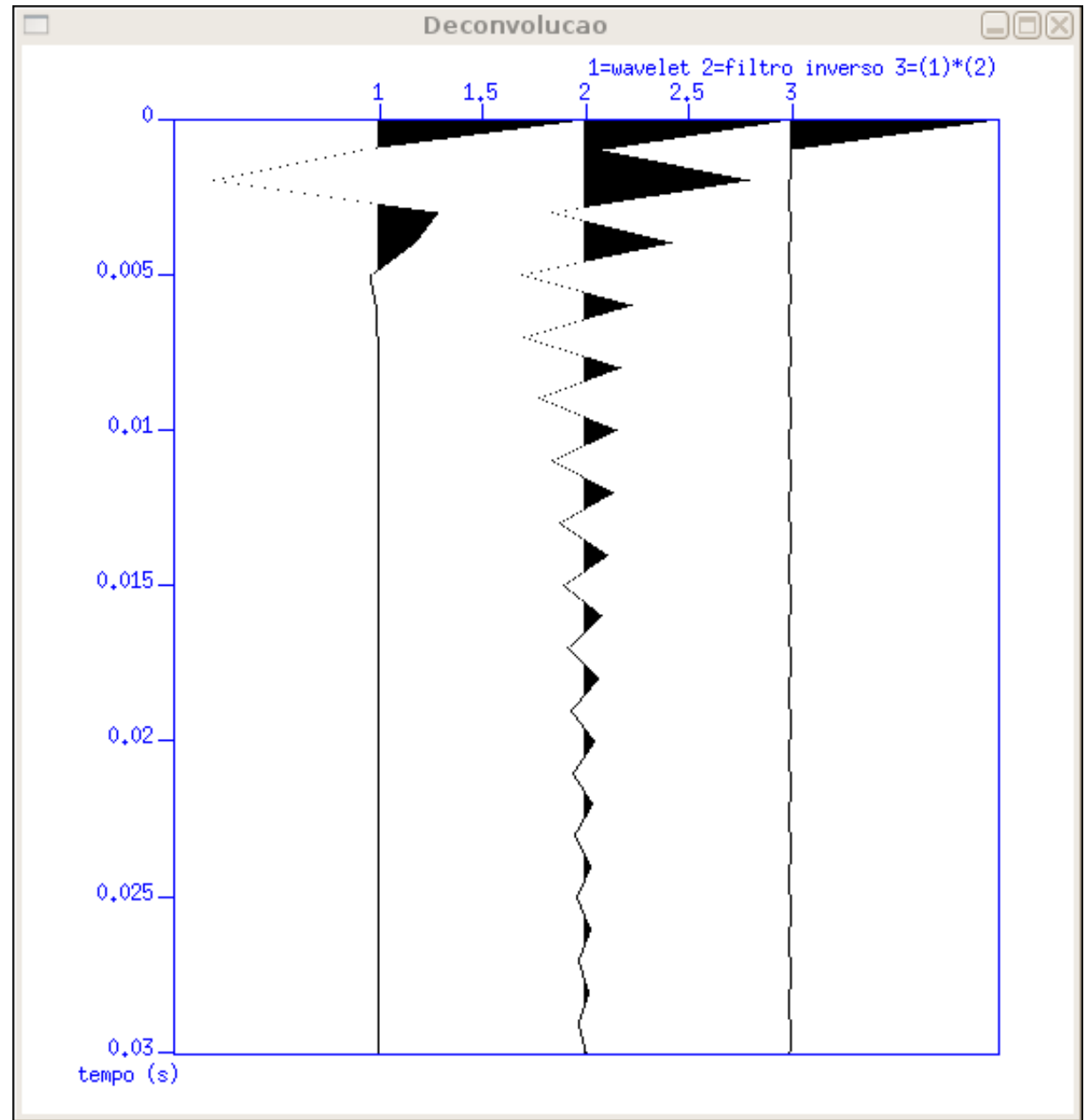
O objetivo do **Filtro inverso** é aumentar a resolução vertical

O processo de **filtragem inversa** também é conhecido por “**deconvolução**”.

filtra inverso

$$w_t * a_t = \delta_t$$

wavelet



filtro inverso

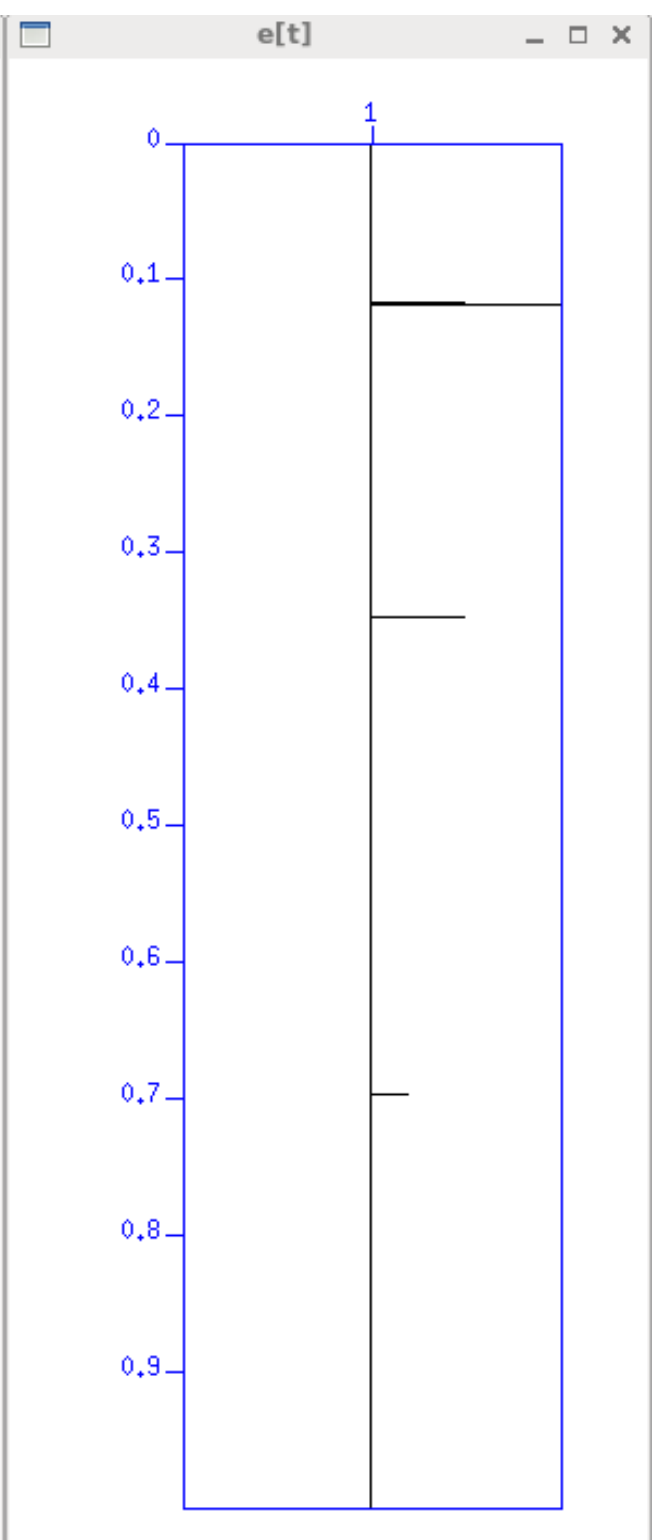
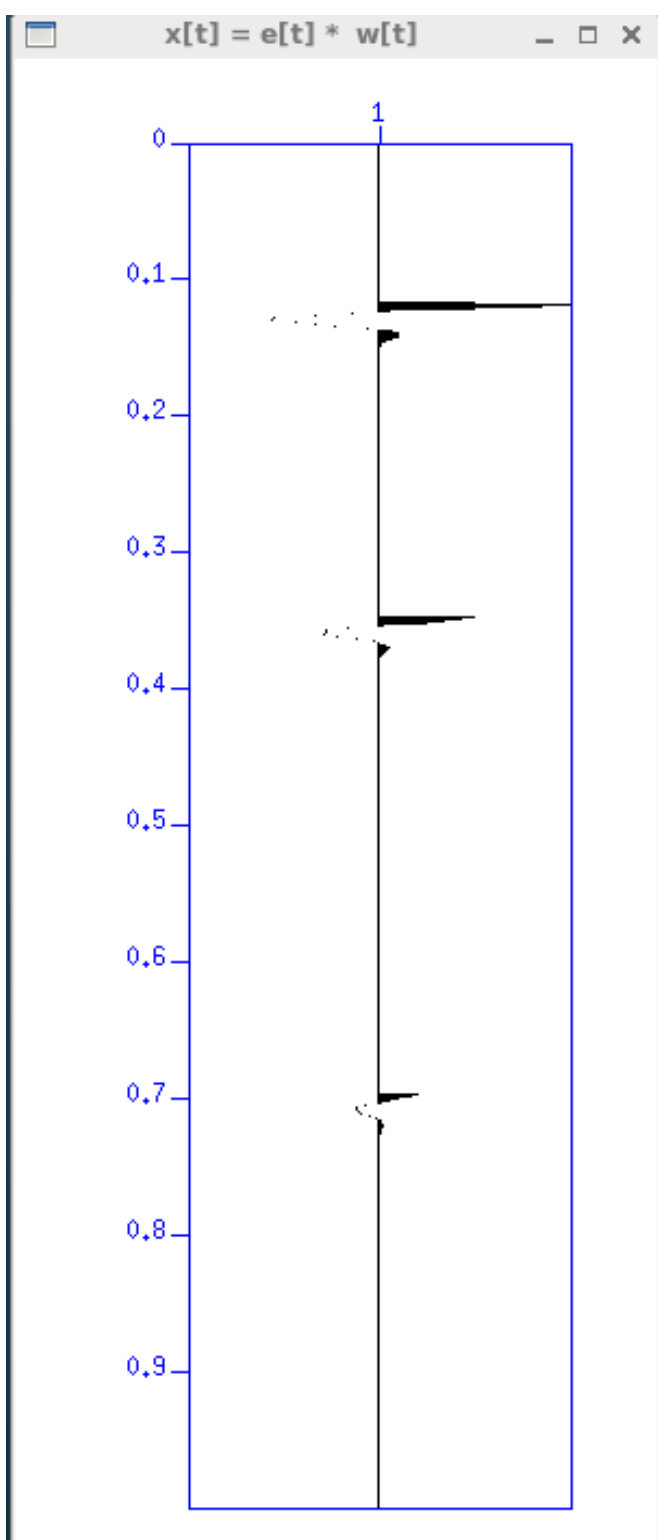
$$w_t * a_t = \delta_t$$

$$x_t = w_t * e_t$$

$$x_t * a_t = w_t * a_t * e_t$$

$$x_t * a_t = e_t$$

deconvolução

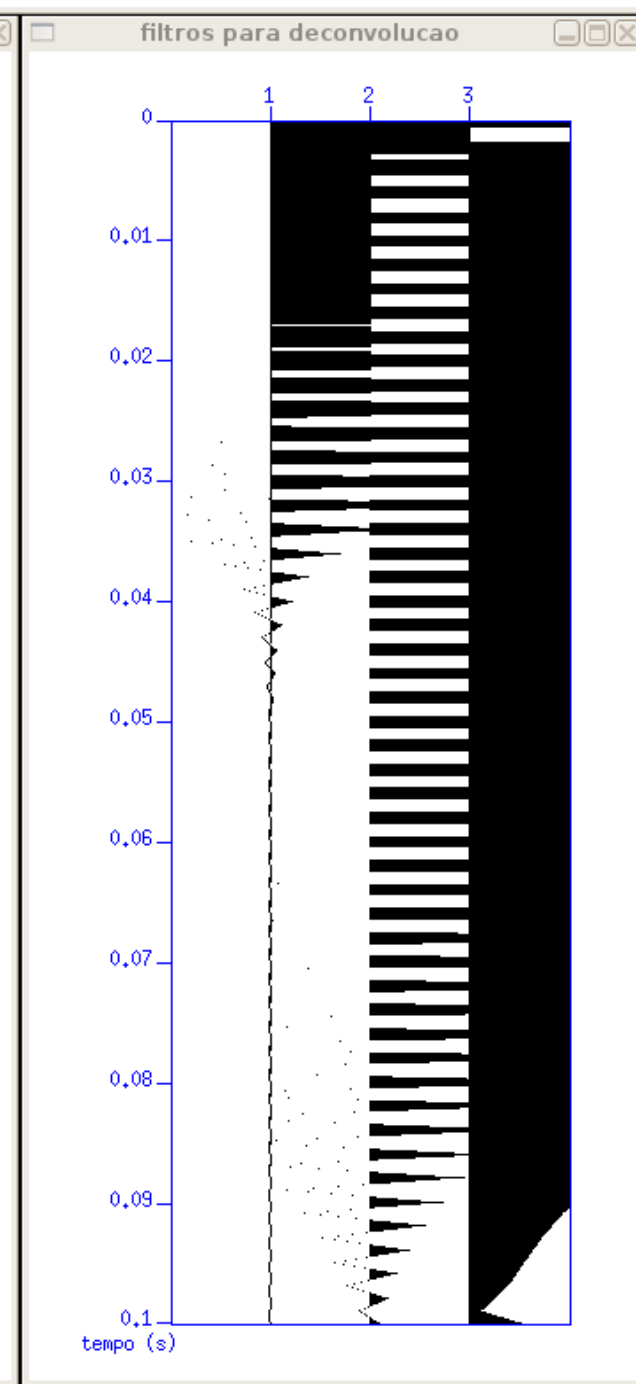
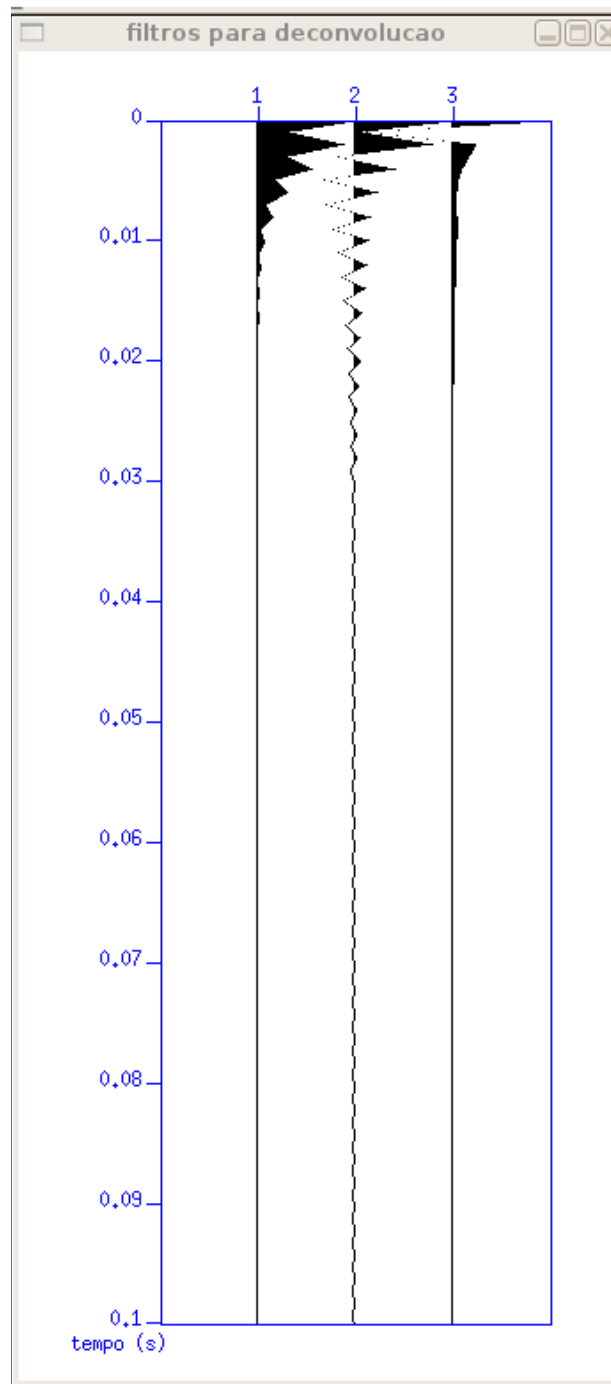
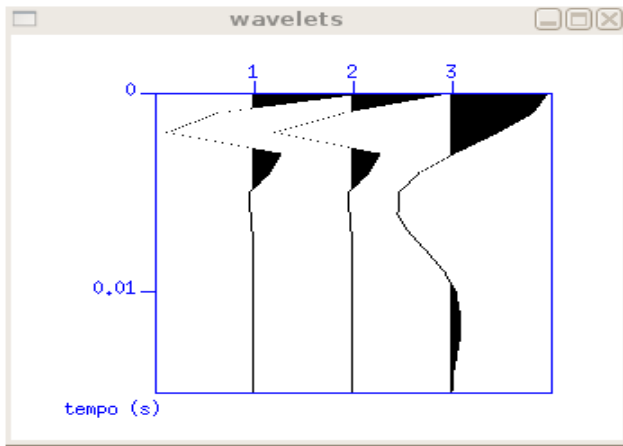


filtro inverso

$$W_t * a_t = \delta_t$$

Diferentes *wavelets* => diferentes filtros





*display original*

*com ganho de display  
(perc=30)*

*Wavelets* são sinais finitos

O **filtro inverso** é infinito.

O truncamento do tamanho do filtro implica em erro na deconvolução.



# Filtro de Wiener: filtro de forma obtido pelo método dos “Mínimos quadrados”

Teoria: Ver notas de aula

$$\begin{bmatrix} \Phi_{xx}(0) & \Phi_{xx}(1) & \Phi_{xx}(2) & \cdots & \Phi_{xx}(N) \\ \Phi_{xx}(1) & \Phi_{xx}(0) & \Phi_{xx}(1) & \cdots & \Phi_{xx}(N-1) \\ \Phi_{xx}(2) & \Phi_{xx}(1) & \Phi_{xx}(0) & \cdots & \Phi_{xx}(N-2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_{xx}(N) & \Phi_{xx}(N-1) & \Phi_{xx}(N-2) & \cdots & \Phi_{xx}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{\tilde{y}x}(0) \\ \Phi_{\tilde{y}x}(1) \\ \Phi_{\tilde{y}x}(2) \\ \vdots \\ \Phi_{\tilde{y}x}(N) \end{bmatrix}$$

filtro inverso

$$w_t * \mathbf{a}_t = \delta_t$$

$$x_t = w_t * e_t$$

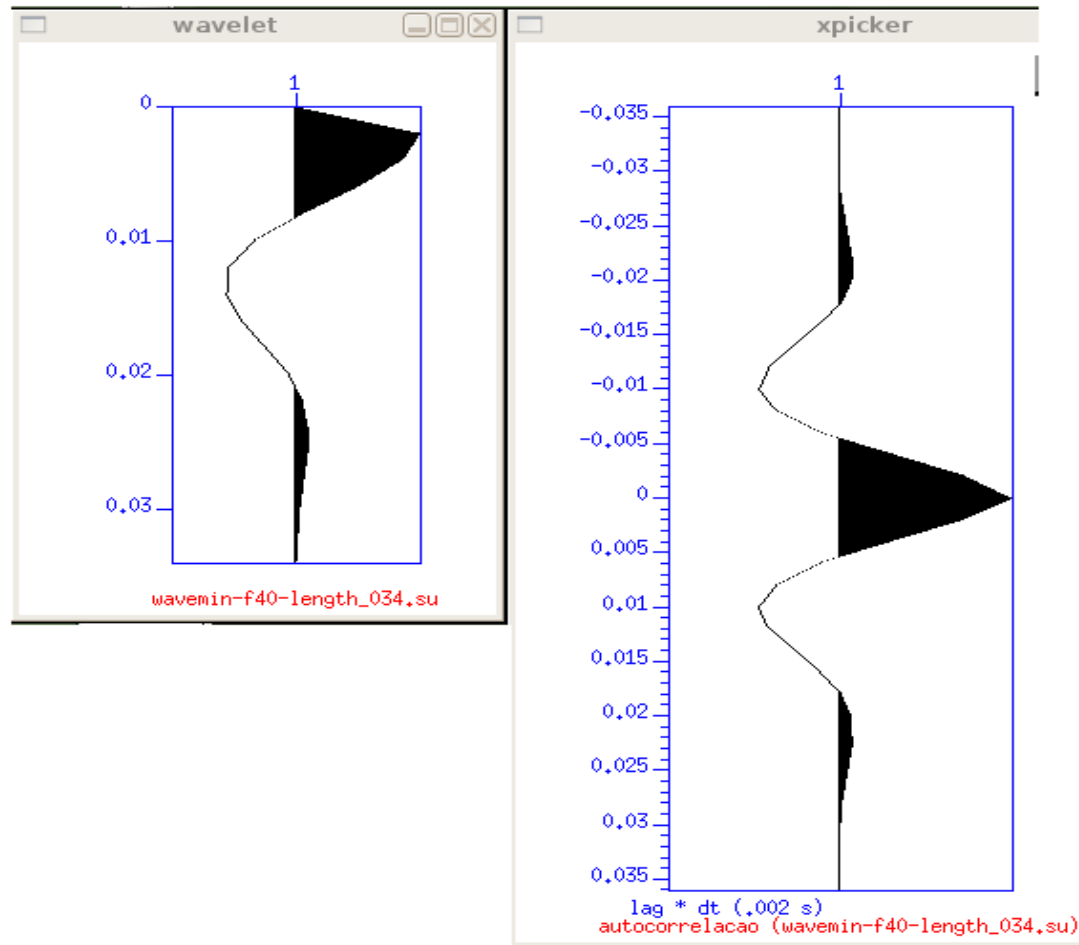
$$x_t * \mathbf{a}_t = w_t * \mathbf{a}_t * e_t$$

$$x_t * \mathbf{a}_t = e_t$$

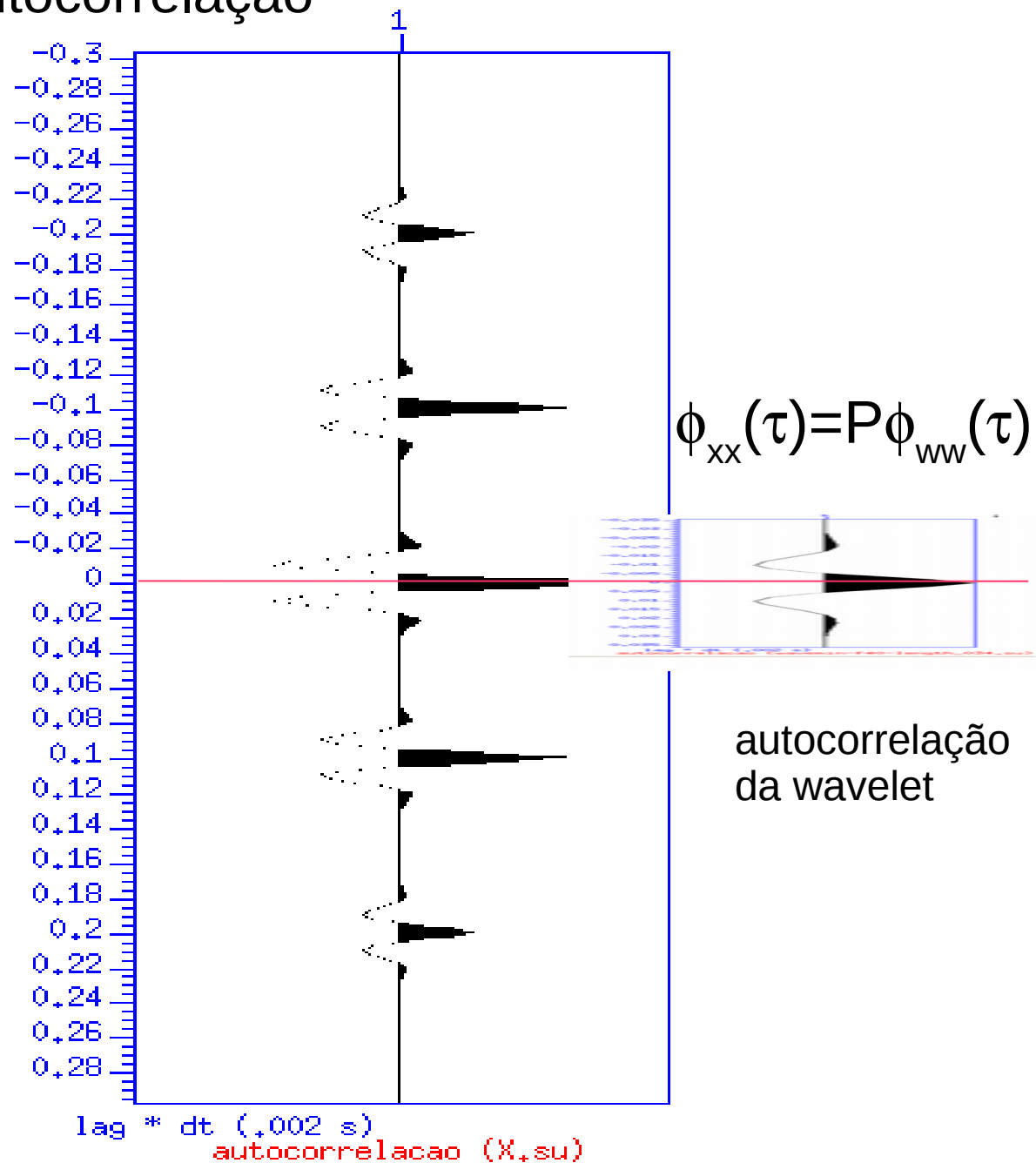
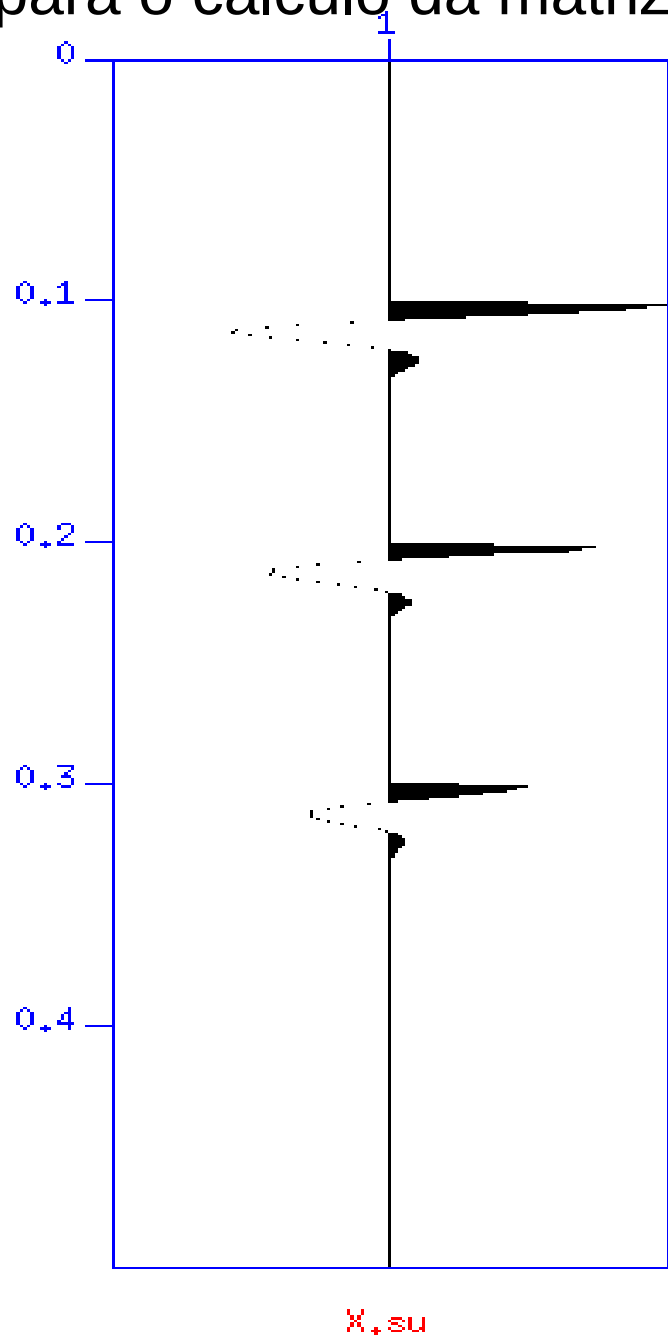
- para o filtro inverso:  $\tilde{y}_t = \delta_t$
- $a_k$  (ou  $a_t$ ) é a incógnita do sistema, ou seja, o filtro que se deseja obter.
- $x_t$  no sistema é a wavelet ou pode ser o traço sísmico que contém a wavelet, quando:  $\phi_{xx}(\tau) = P \phi_{ww}(\tau)$

Para explicar a relação:  $\phi_{xx}(\tau) = P\phi_{ww}(\tau)$

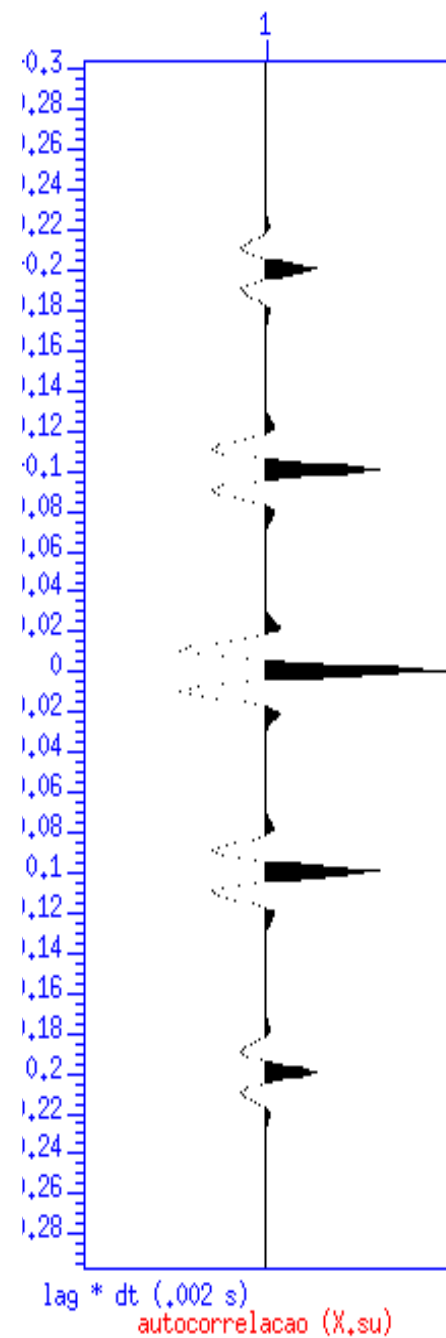
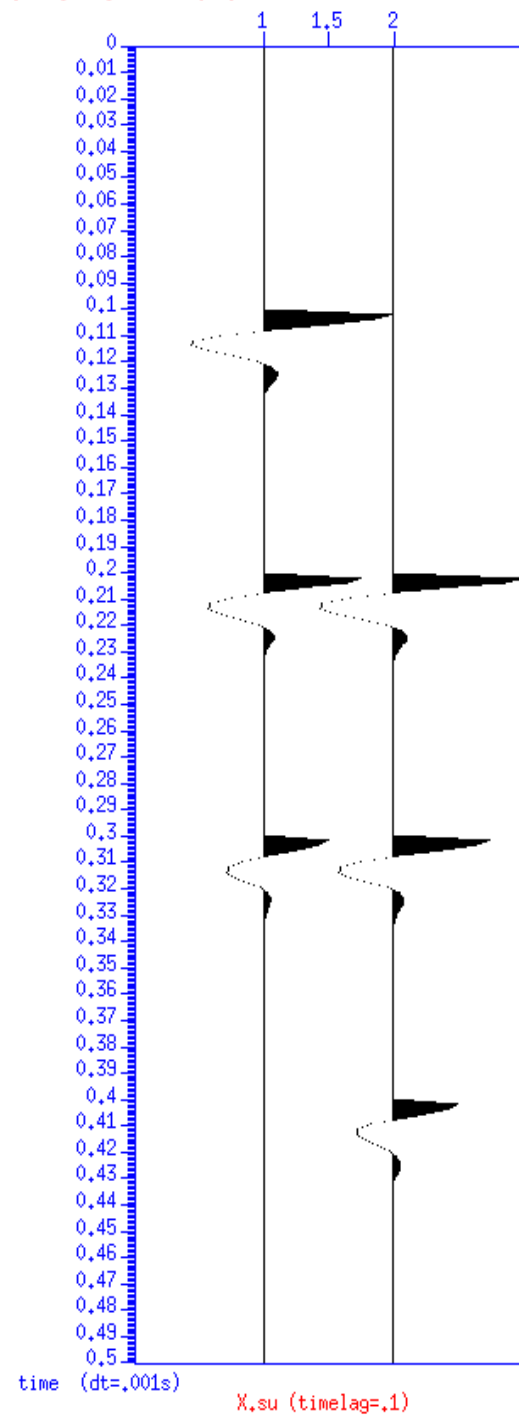
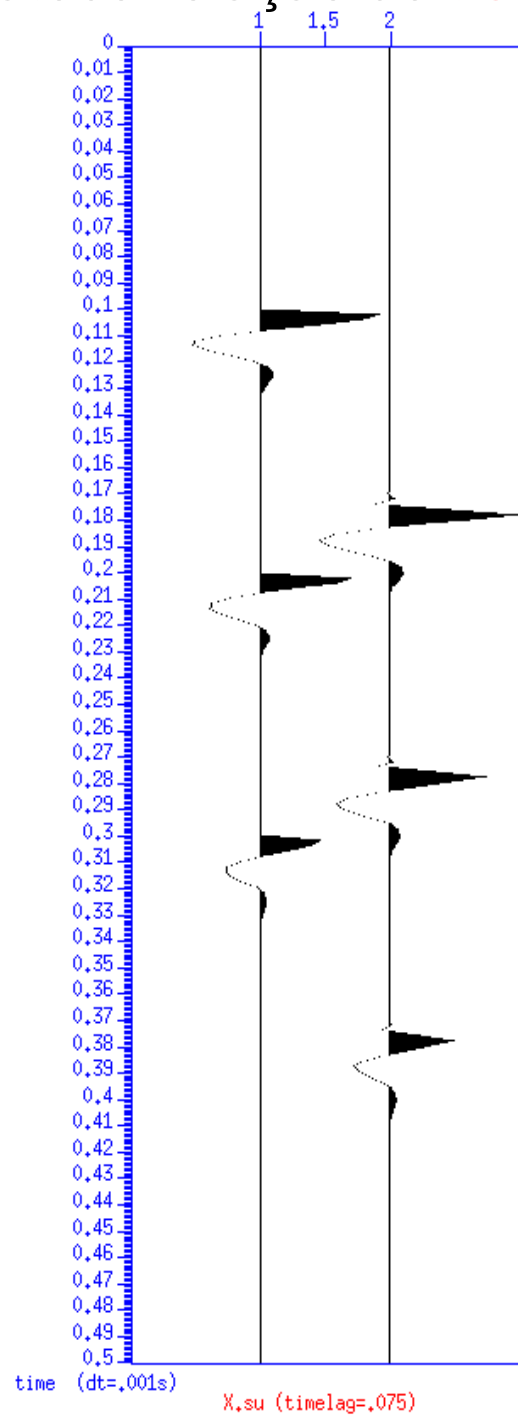
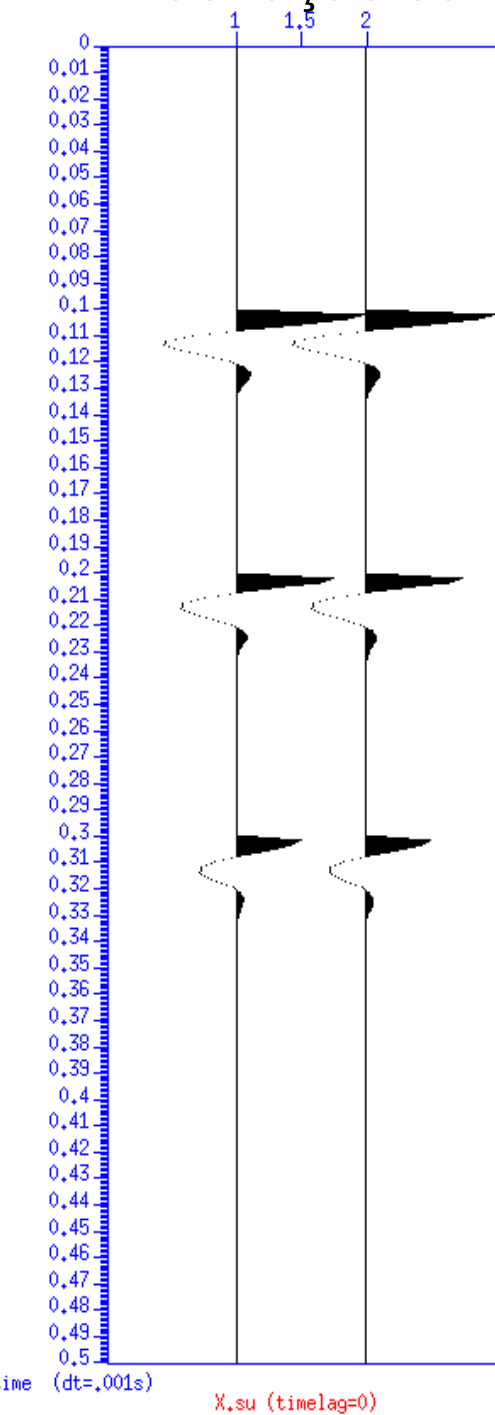
Utilizando a **wavelet** como sinal de entrada para o cálculo da matriz de autocorrelação



# Utilizando o traço sísmico como sinal de entrada para o cálculo da matriz de autocorrelação

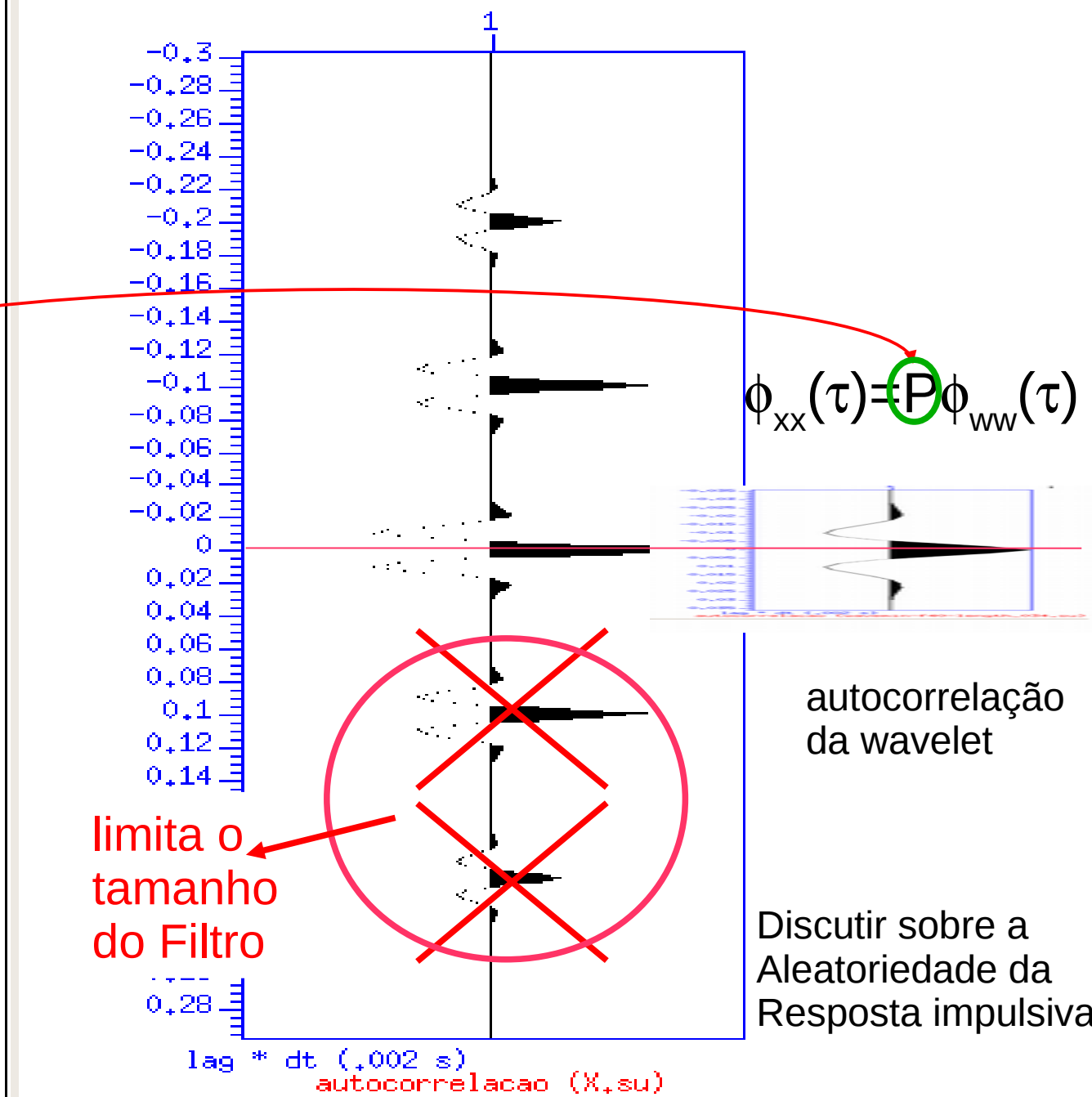
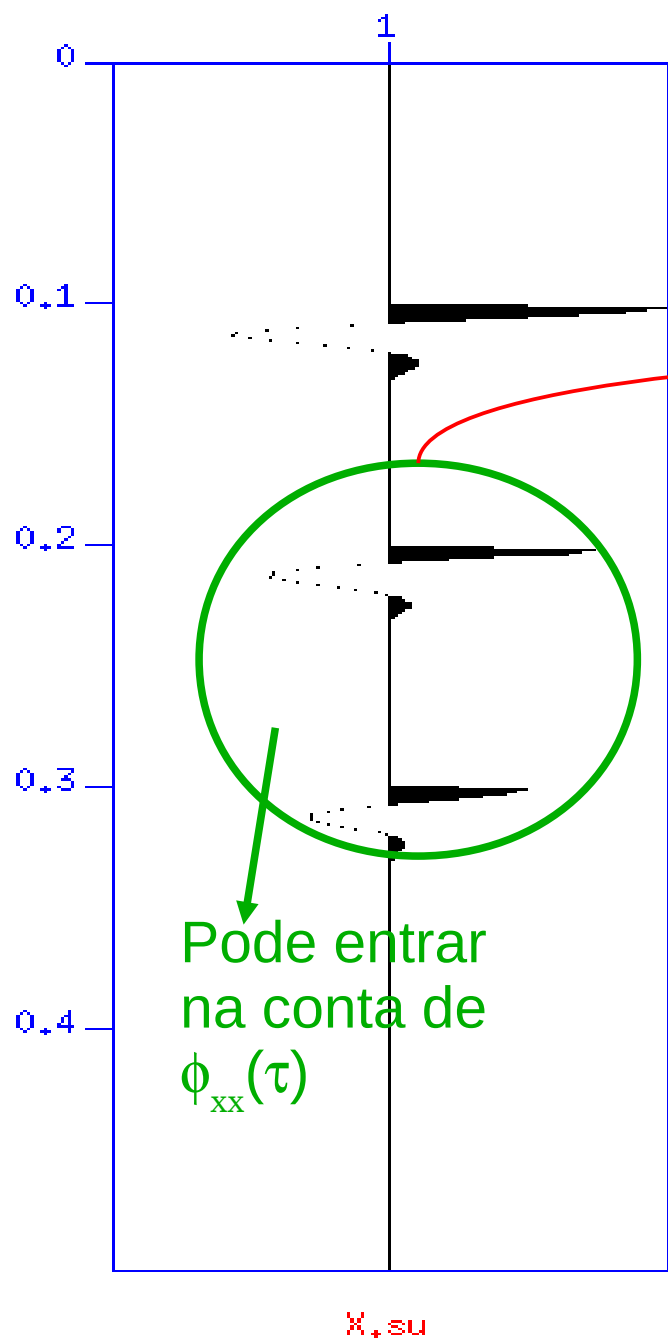


# ilustração da autocorrelação do traço sísmico



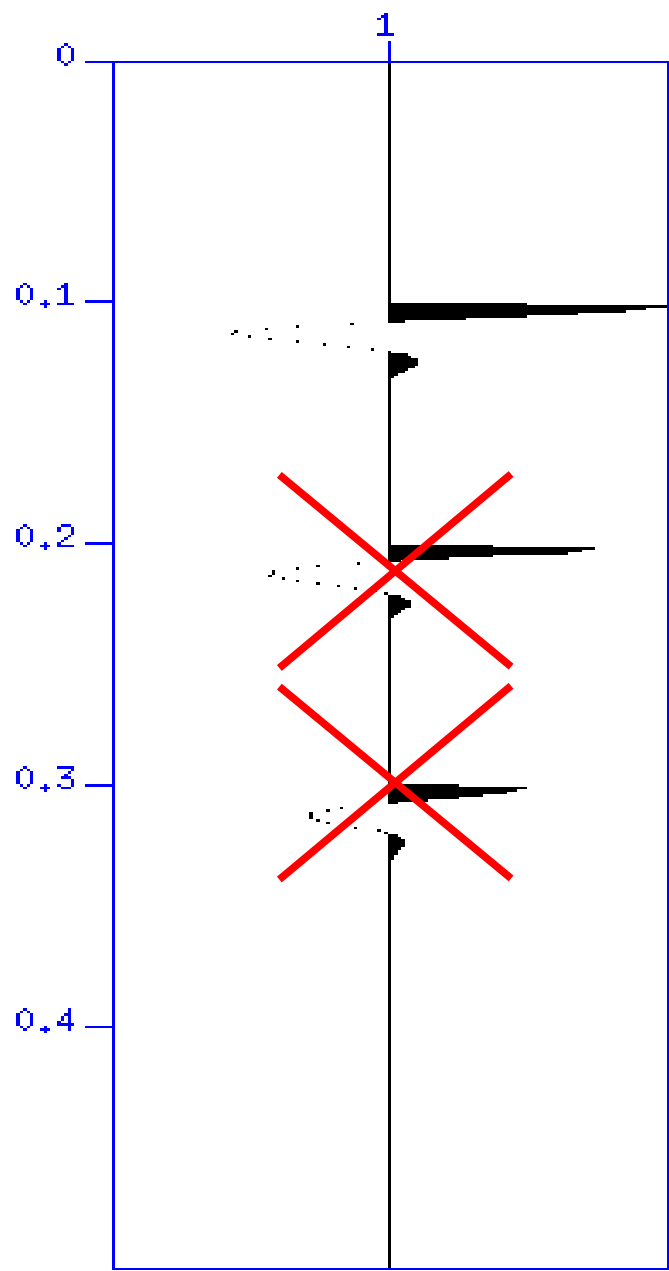
lag \* dt (.002 s)  
autocorrelacao (X.su)

# Cálculo da matriz de autocorrelação do sinal de entrada (traço sísmico)

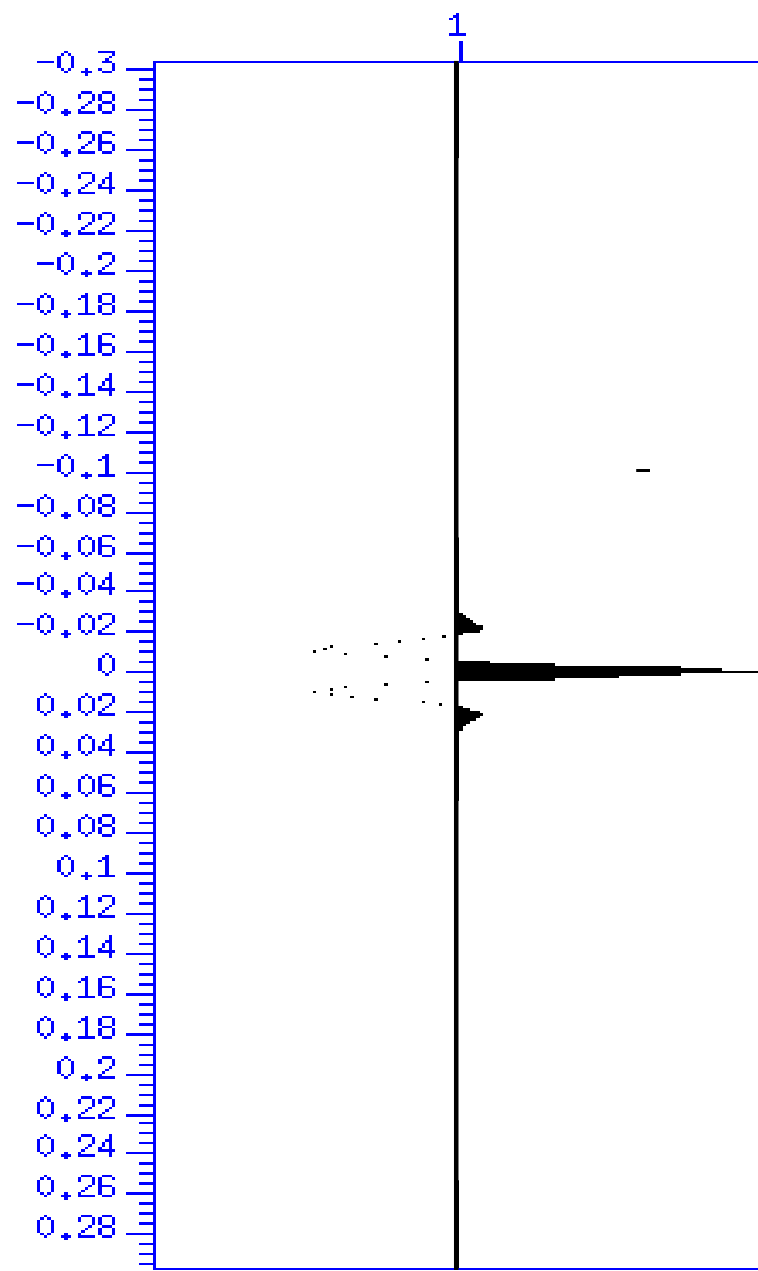


# OUTRA OPÇÃO

Cálculo da matriz de autocorrelação do sinal de entrada (**traço sísmico**)



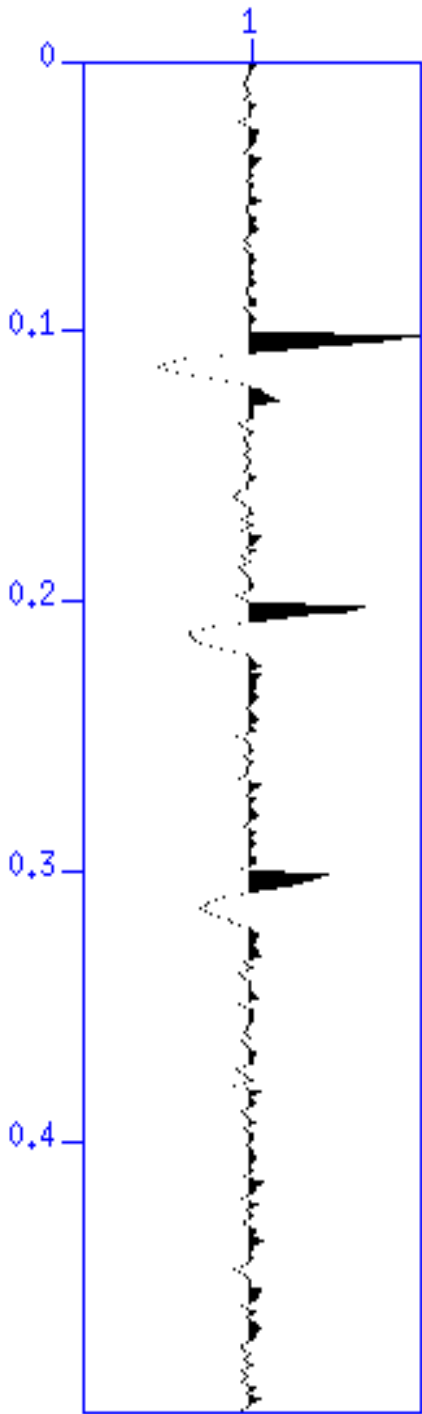
X.su



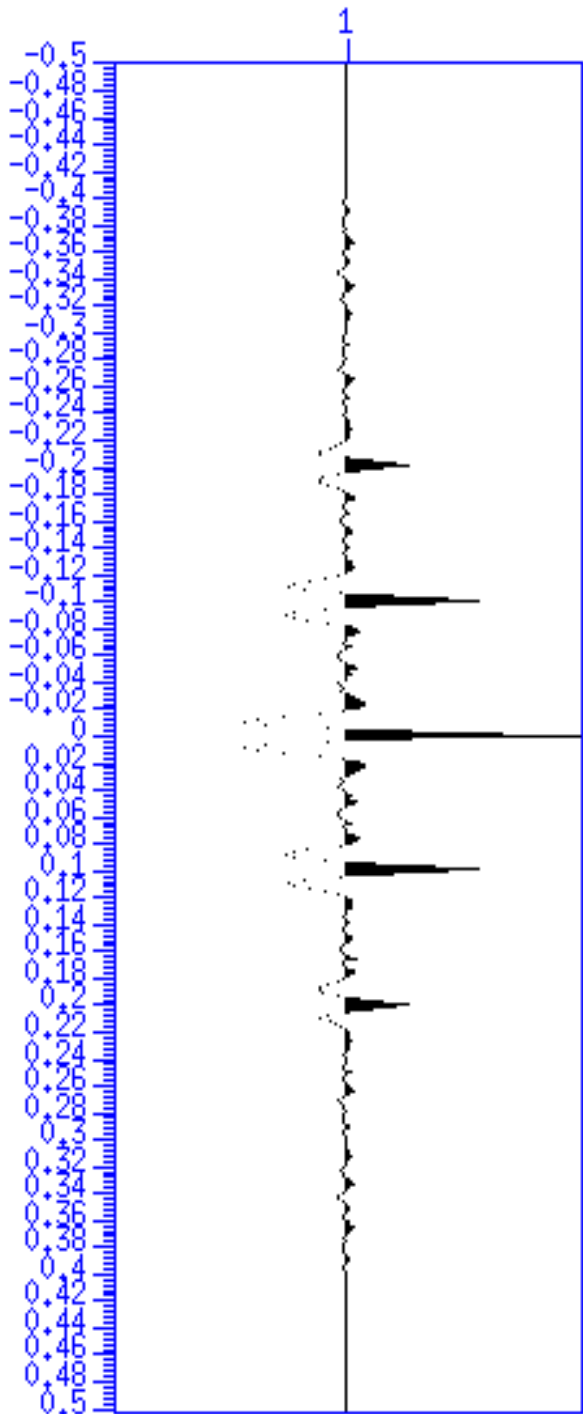
autocorrelação da wavelet

lag \* dt (.002 s)  
autocorrelacao (X.su)

# Efeito do ruído no cálculo da autocorrelação



X-noise.su



lag \* dt (.002 s)  
autocorreacao (X-noise,su)

# Deconvolução Preditiva

Ver notas de aula.

E o slide seguinte para completar a teoria das notas de aula.



# Deconvolução Preditiva ( $\alpha = 1$ )

$$r_N = \Phi_{xx}(N)$$

Quando  $\alpha=1$ , o filtro de erro de predição corresponde ao filtro inverso de Wiener

$$\begin{pmatrix} r_0 & r_1 & r_2 & r_3 & r_4 \\ r_1 & r_0 & r_1 & r_2 & r_3 \\ r_2 & r_1 & r_0 & r_1 & r_2 \\ r_3 & r_2 & r_1 & r_0 & r_1 \\ r_4 & r_3 & r_2 & r_1 & r_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \end{pmatrix}$$

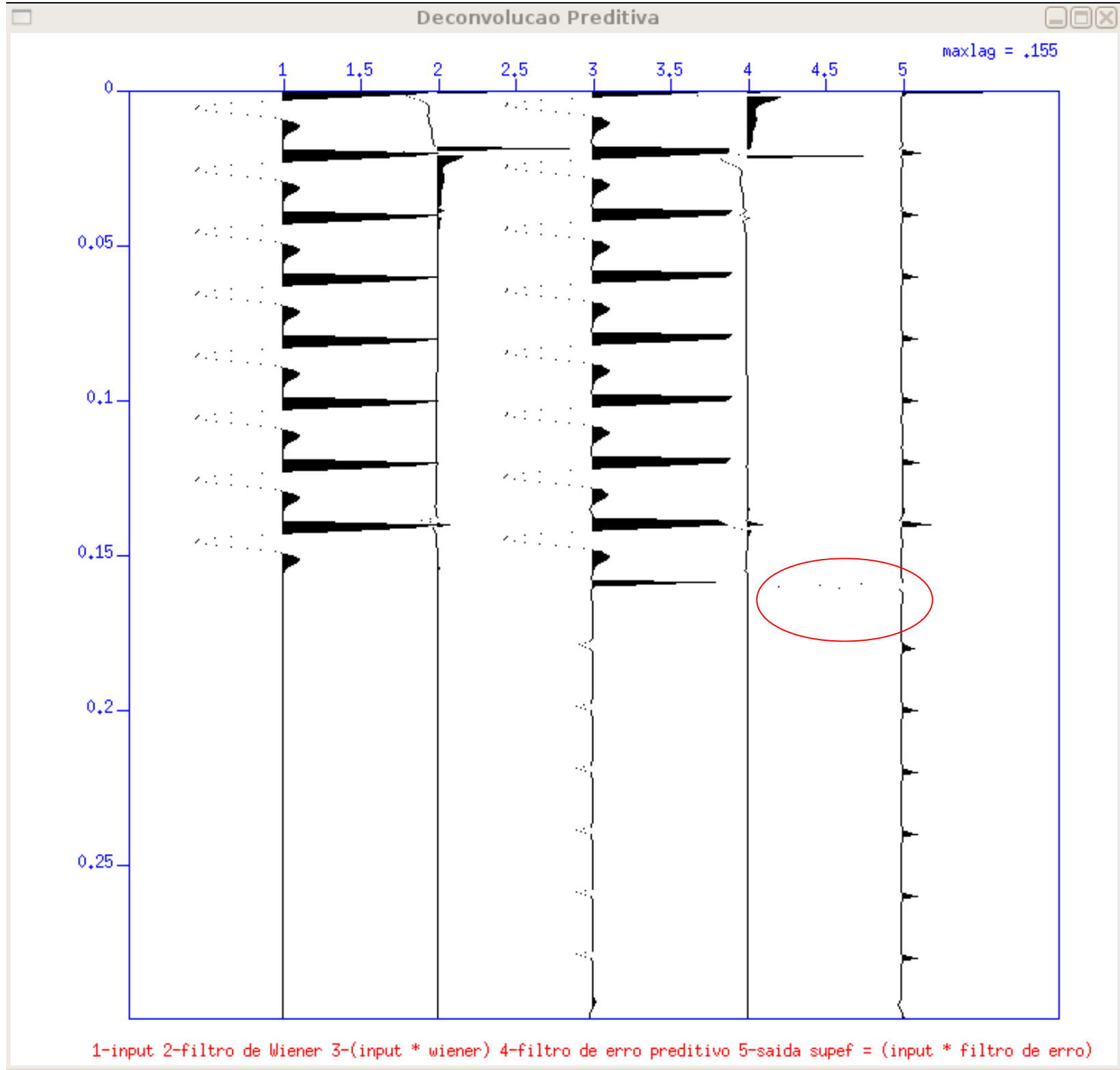
$$\begin{pmatrix} -r_1 & r_0 & r_1 & r_2 & r_3 & r_4 \\ -r_2 & r_1 & r_0 & r_1 & r_2 & r_3 \\ -r_3 & r_2 & r_1 & r_0 & r_1 & r_2 \\ -r_4 & r_3 & r_2 & r_1 & r_0 & r_1 \\ -r_5 & r_4 & r_3 & r_2 & r_1 & r_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} r_0 & r_1 & r_2 & r_3 & r_4 & r_5 \\ r_1 & r_0 & r_1 & r_2 & r_3 & r_4 \\ r_2 & r_1 & r_0 & r_1 & r_2 & r_3 \\ r_3 & r_2 & r_1 & r_0 & r_1 & r_2 \\ r_4 & r_3 & r_2 & r_1 & r_0 & r_1 \\ r_5 & r_4 & r_3 & r_2 & r_1 & r_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -a_0 \\ -a_1 \\ -a_2 \\ -a_3 \\ -a_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

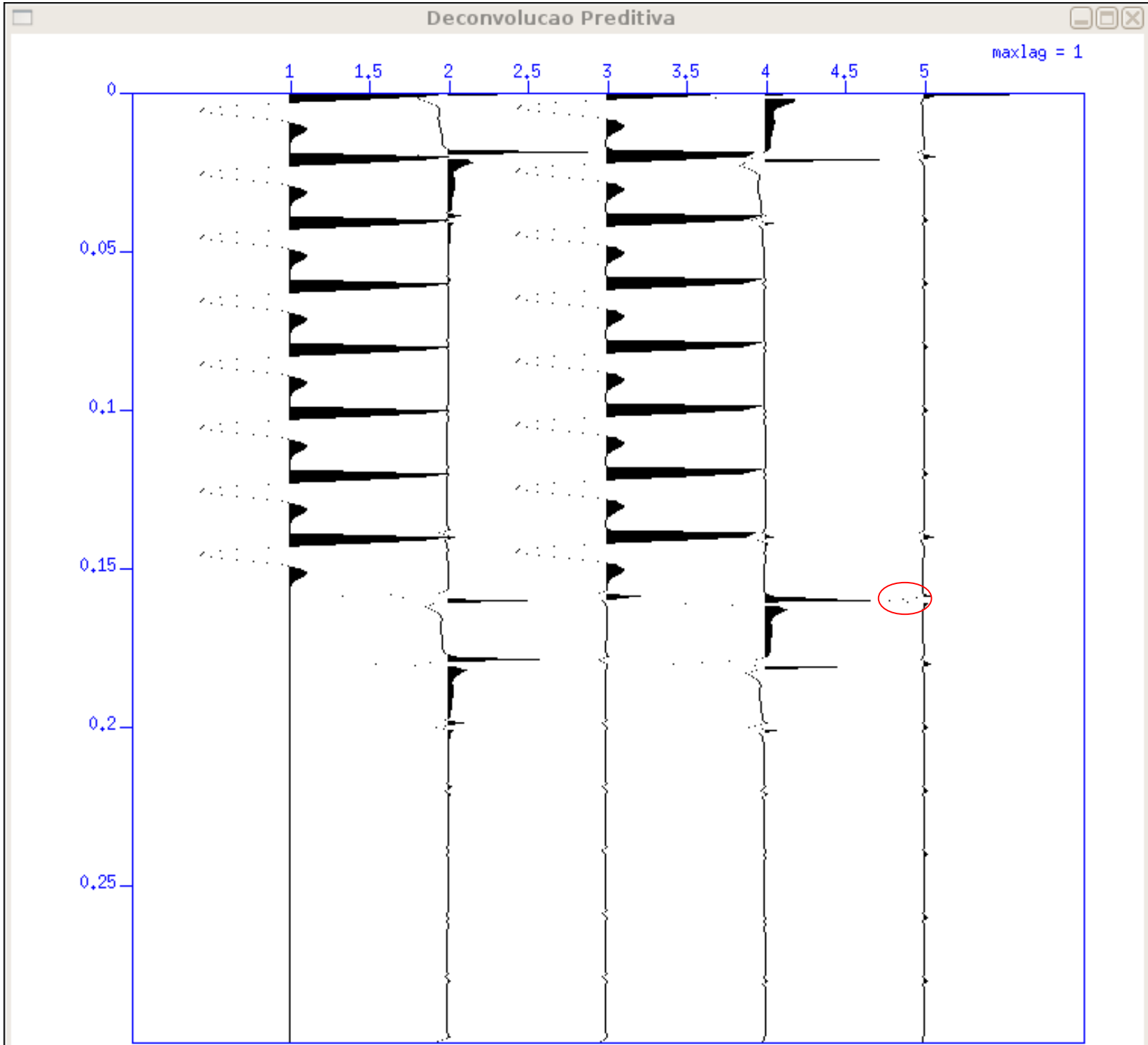
$L$  equivale a um fator de escala no valor da correlação cruzada da saída desejada ( $\delta_t$ ) com o sinal de entrada.

# Deconvolução Preditiva

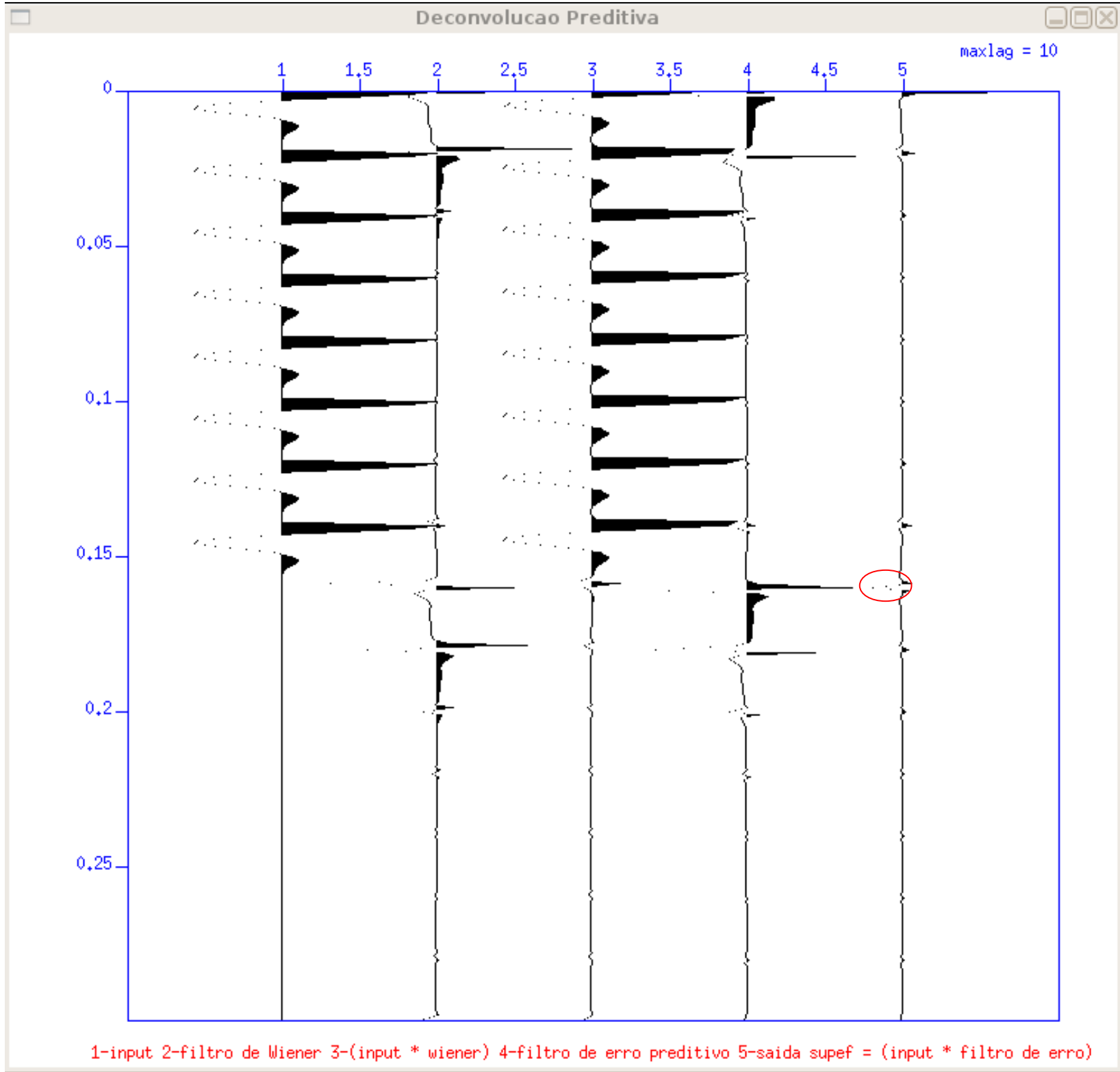
Script **t3.sh** para simulação da deconvolução preditiva  
(dos exemplos dos 4 próximos slides)



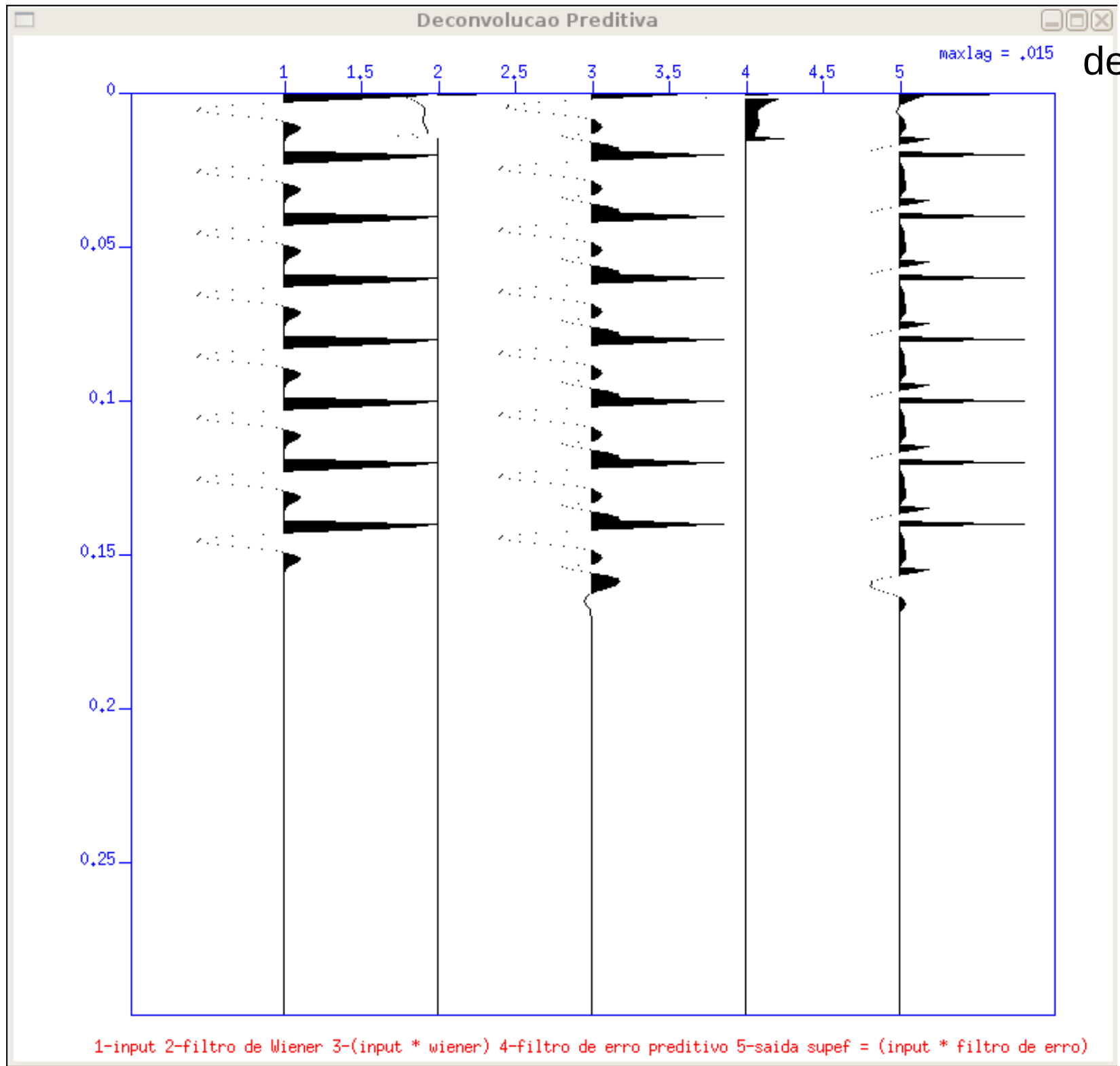
1-input 2-filtro de Wiener 3-(input \* wiener) 4-filtro de erro preditivo 5-saida supef = (input \* filtro de erro)



1-input 2-filtro de Wiener 3-(input \* wiener) 4-filtro de erro preditivo 5-saida supef = (input \* filtro de erro)



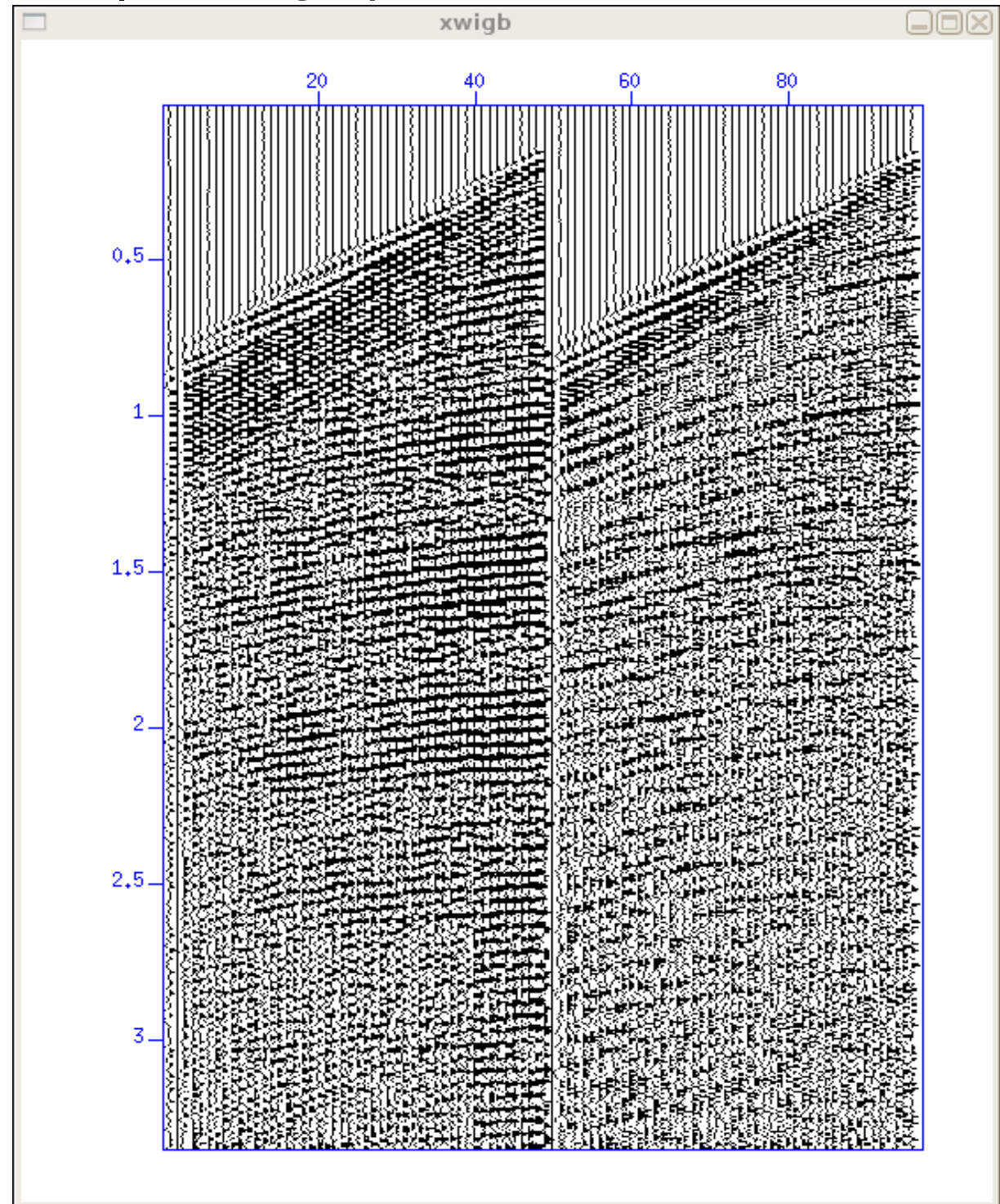
1-input 2-filtro de Wiener 3-(input \* wiener) 4-filtro de erro preditivo 5-saida supef = (input \* filtro de erro)



```
cat ozdata.16tpow2 idecon.su | suxwigb perc=90 &
```

Exemplo dados  
reais:  
cd oz16

```
script idecon.sh
```



# Exemplo nos dados de Nankai

