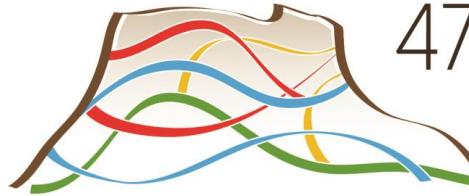


PInGa

Grupo de
Problemas Inversos
em Geofísica



47º CONGRESSO BRASILEIRO
DE GEOLOGIA
21 a 26 / setembro / 2014
Salvador ★ Bahia

Trilhando as Novas Fronteiras dos Recursos Naturais

ALGUNS EXEMPLOS DE USOS E ABUSOS EM MÉTODOS POTENCIAIS

Vanderlei C. Oliveira Jr.

Leonardo Uieda

Valéria C. F. Barbosa



Observatório
Nacional



Estrutura

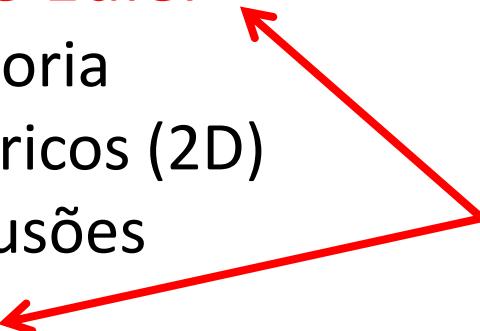
- Deconvolução de Euler
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
- Sinal Analítico
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
- Camada Equivalente
- Comentários Finais

Estrutura

- Deconvolução de Euler
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
- Sinal Analítico
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
- Camada Equivalente
- Comentários Finais

Estrutura

- Deconvolução de Euler
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
- Sinal Analítico
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
- Camada Equivalente
- Comentários Finais



Duas técnicas
amplamente
difundidas na
comunidade
científica

Estrutura

- Deconvolução de Euler
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
- Sinal Analítico
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
- Camada Equivalente
- Comentários Finais

É uma técnica
menos utilizada que
as outras duas e isso
deve ser por causa
do custo
computacional



Estrutura

- Deconvolução de Euler 
- Um pouco de teoria
- Exemplos numéricos (2D)
- Principais conclusões
- Sinal Analítico 
- Um pouco de teoria
- Exemplos (2D e 3D)
- Principais conclusões
- Camada Equivalente 
- Comentários Finais

Estrutura

- Deconvolução de Euler 

 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões

- Sinal Analítico 

 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões

- Camada Equivalente 
- Comentários Finais

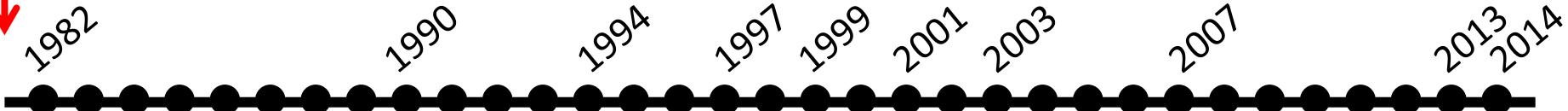
Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)



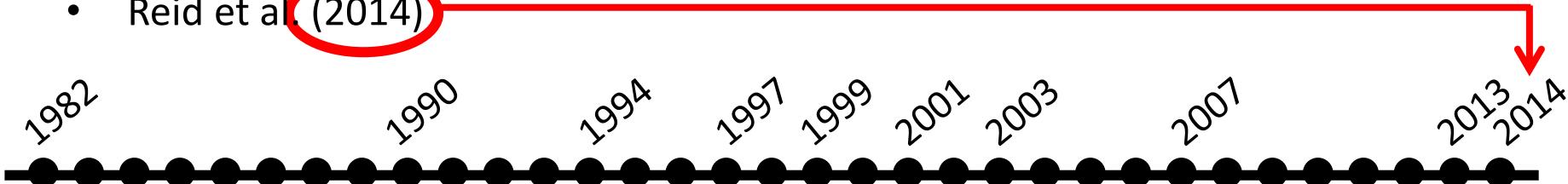
Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
 - Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
 - Fairhead et al. (1994)
 - Stavrev (1997)
 - Barbosa et al. (1999)
 - Mushayandebvu et al. (2001)
 - Nabighian e Hansen (2001)
 - Silva et al. (2001)
 - Mikhailov et al. (2003)
 - Salem e Ravat (2003)
 - Silva e Barbosa (2003)
 - Stavrev e Reid (2007)
 - Melo et al. (2013)
 - Uieda et al. (2014)
 - Reid et al. (2014)



Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)



Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Anos 80:
surgimento da
Deconvolução de Euler

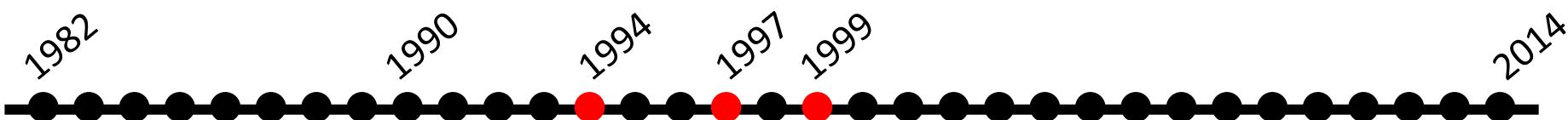


Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Anos 90:

desenvolvimento e
aprimoramento de critérios
para a seleção das “melhores
soluções” e da estimativa do
índice estrutural



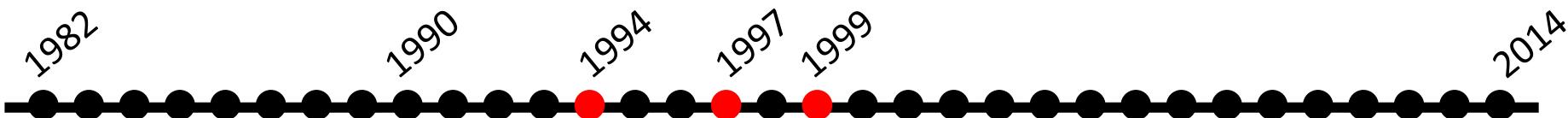
Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Anos 90:

desenvolvimento e
aprimoramento de critérios
para a seleção das “melhores
soluções” e da estimativa do
índice estrutural

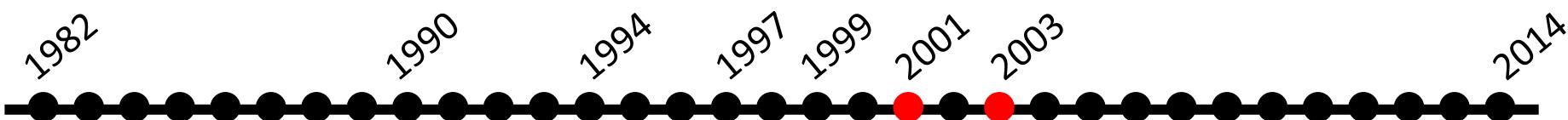
Nos anos 90, a Deconvolução de
Euler foi amplamente difundida
na comunidade científica



Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Primeira metade dos
anos 2000:
desenvolvimentos
teóricos, extensão da
metodologia

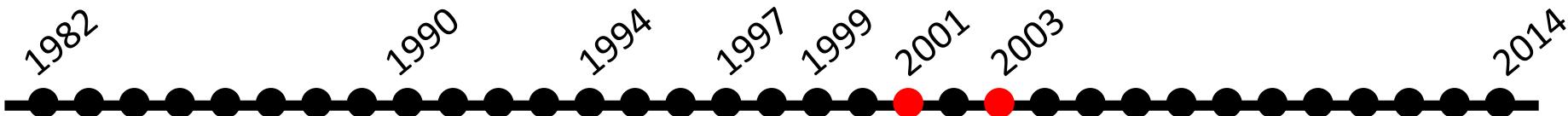


Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Primeira metade dos
anos 2000:
desenvolvimentos
teóricos, extensão da
metodologia

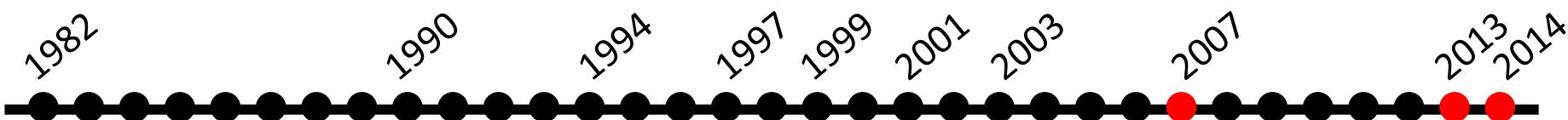
Este foi o período em que ocorreram
os principais avanços nas técnicas de
seleção das melhores soluções e
generalizações do método



Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Período recente:
desenvolvimentos
teóricos, extensão da
metodologia

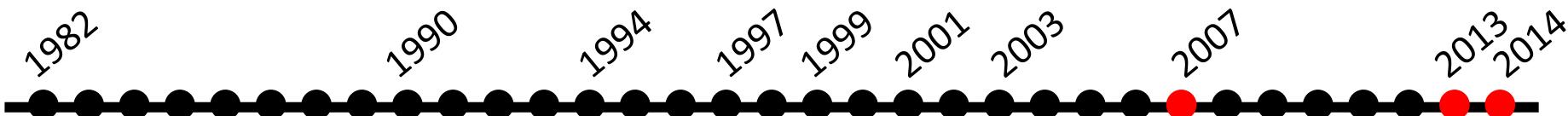


Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavrev (1997)
- Barbosa et al. (1999)
- Mushayandebvu et al. (2001)
- Nabighian e Hansen (2001)
- Silva et al. (2001)
- Mikhailov et al. (2003)
- Salem e Ravat (2003)
- Silva e Barbosa (2003)
- Stavrev e Reid (2007)
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Período recente:
desenvolvimentos
teóricos, extensão da
metodologia

Neste período, alguns trabalhos
foram feitos com o intuito de alertar
a comunidade científica sobre o mau
uso do método



Deconvolução de Euler

- Thompson (1982) – 2D “EULDPH”
- Reid et al. (1990) – 3D “Euler Deconvolution”
- Fairhead et al. (1994)
- Stavre
- Barbo
- Mush
- Nabig
- Silva e
- Mikha
- Slem
- Silva e
- Stavre
- Melo et al. (2013)
- Uieda et al. (2014)
- Reid et al. (2014)

Período recente

Geophysical Prospecting

EAGE

EUROPEAN
ASSOCIATION OF
GEOSCIENTISTS &
ENGINEERS

Geophysical Prospecting

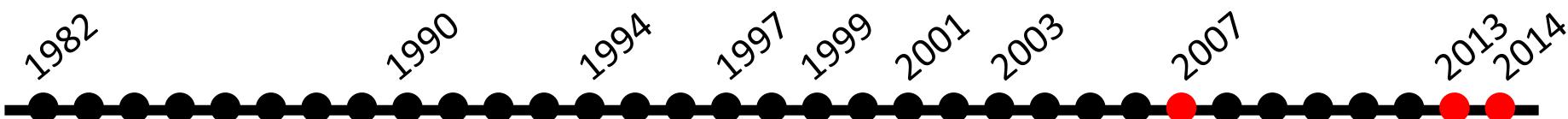
doi: 10.1111/1365-2478.12119

Avoidable Euler Errors – the use and abuse of Euler deconvolution applied to potential fields*

Alan B. Reid^{1,2†}, Jörg Ebbing^{3,4} and Susan J. Webb⁵

¹Reid Geophysics Ltd, Eastbourne, UK, ²School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, UK, ³Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway, ⁴Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, and ⁵School of Geosciences, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

a comunidade científica sobre o mau uso do método



Deconvolução de Euler

Um pouco de teoria...

Superfície

Deconvolução de Euler

Observações da
Anomalia de Campo Total ΔT
produzida por corpos magnetizados
localizados em subsuperfície

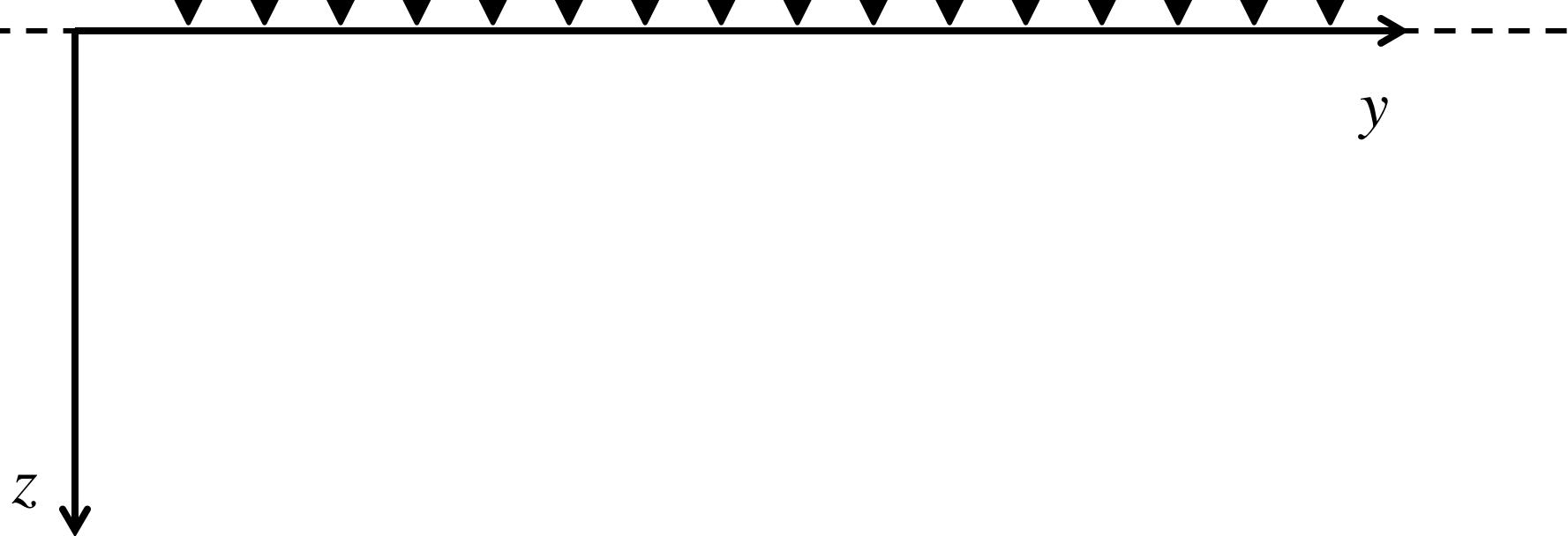
Superfície



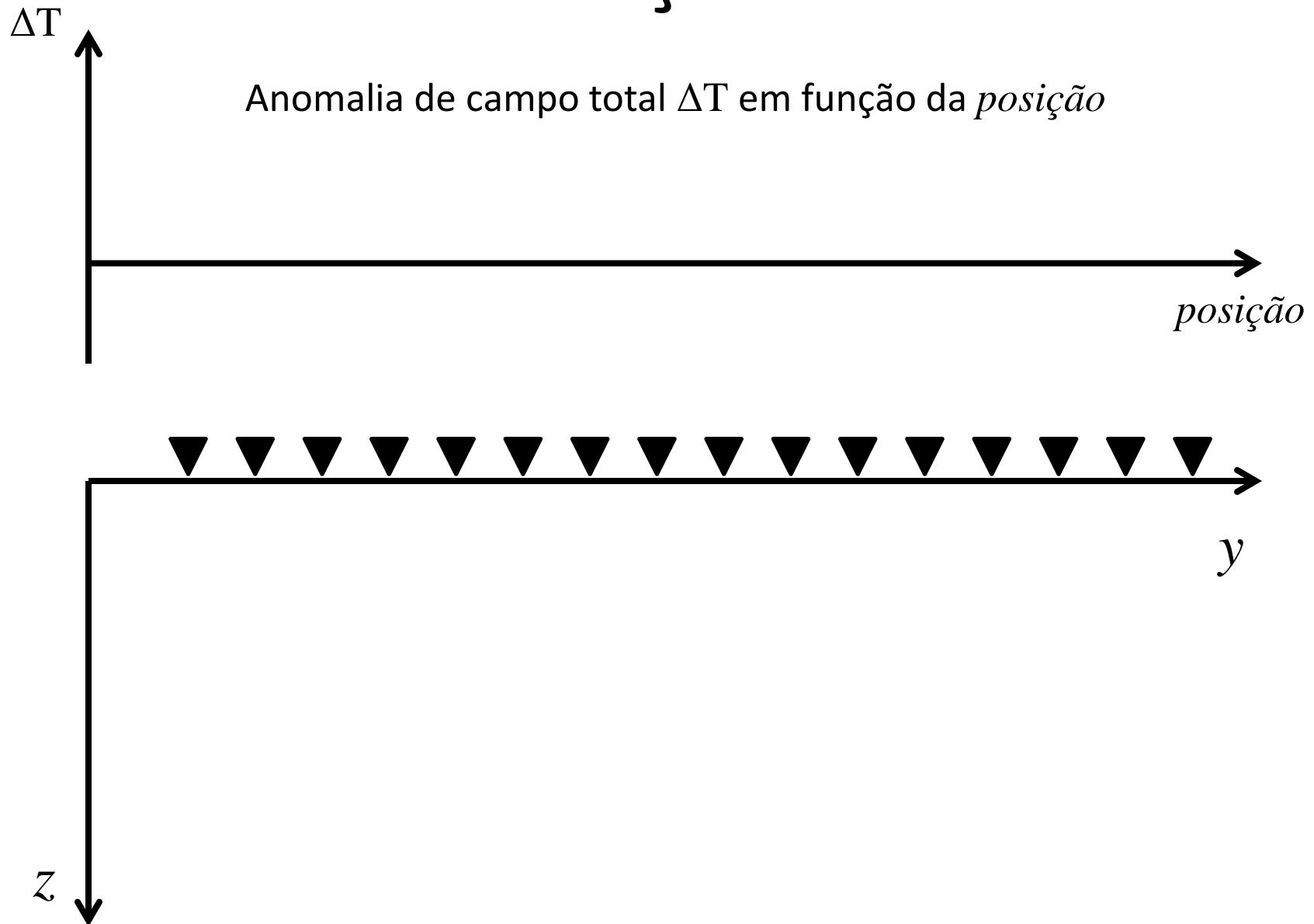
Deconvolução de Euler

Sistema de coordenadas Cartesianas

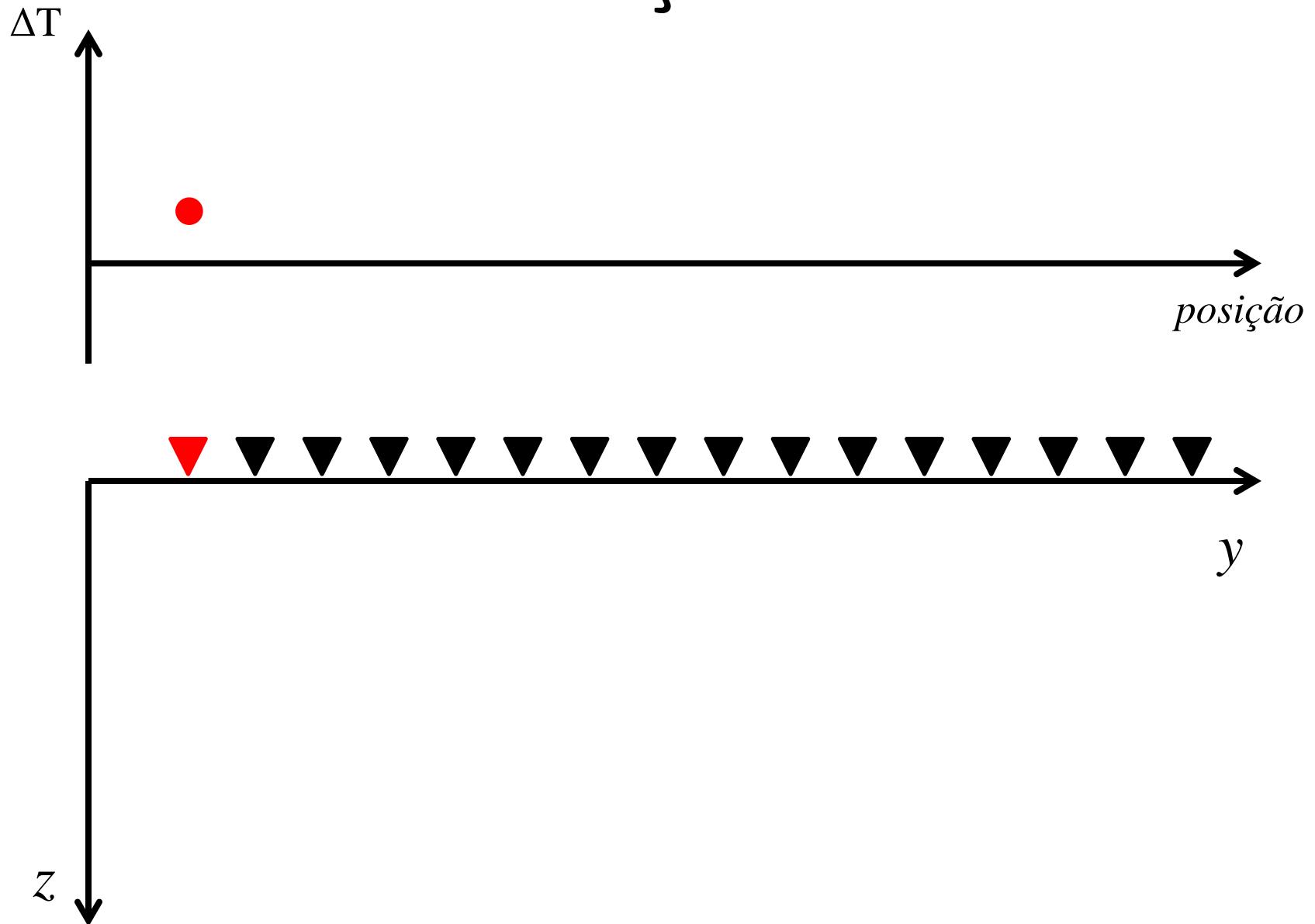
Superfície



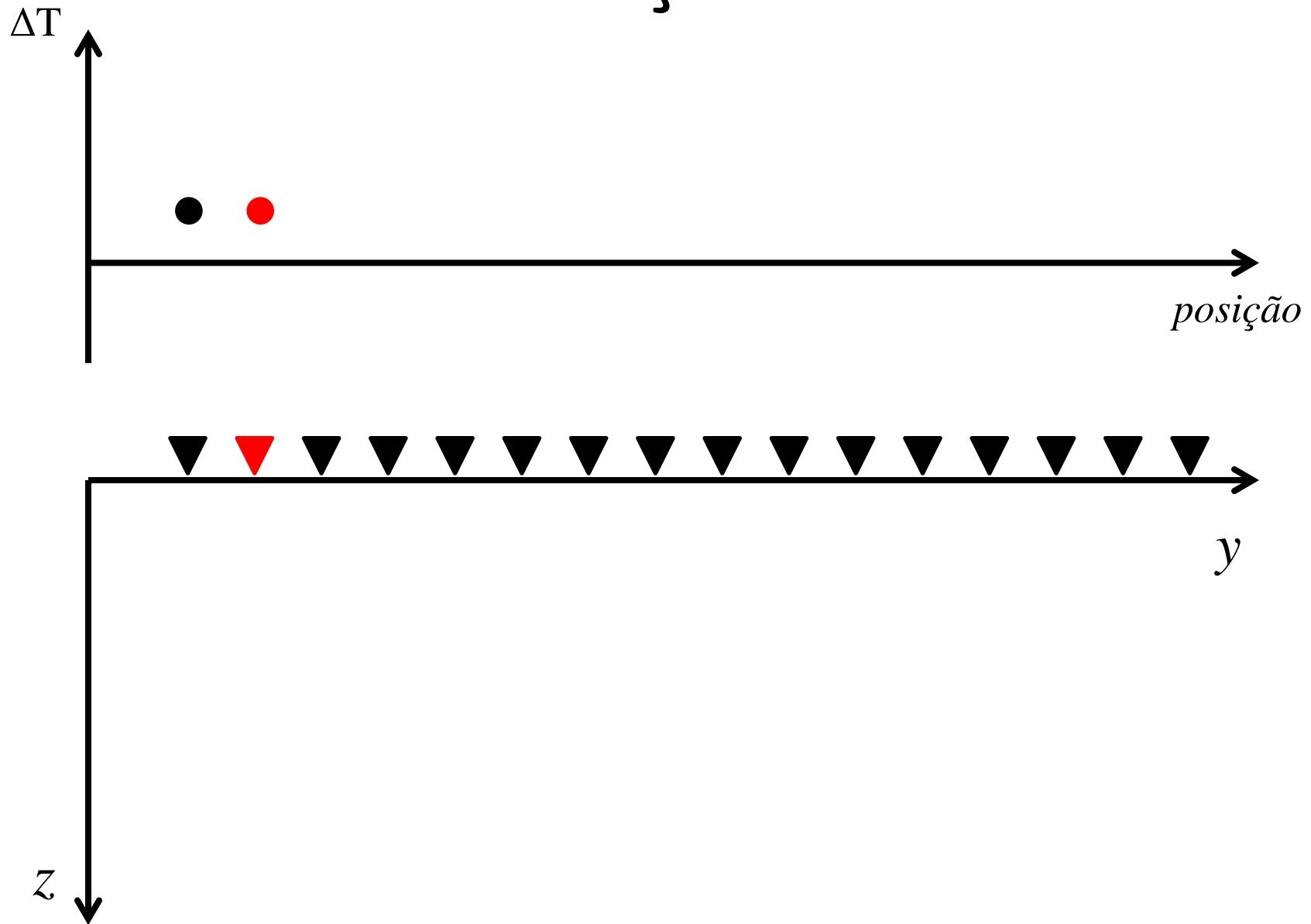
Deconvolução de Euler



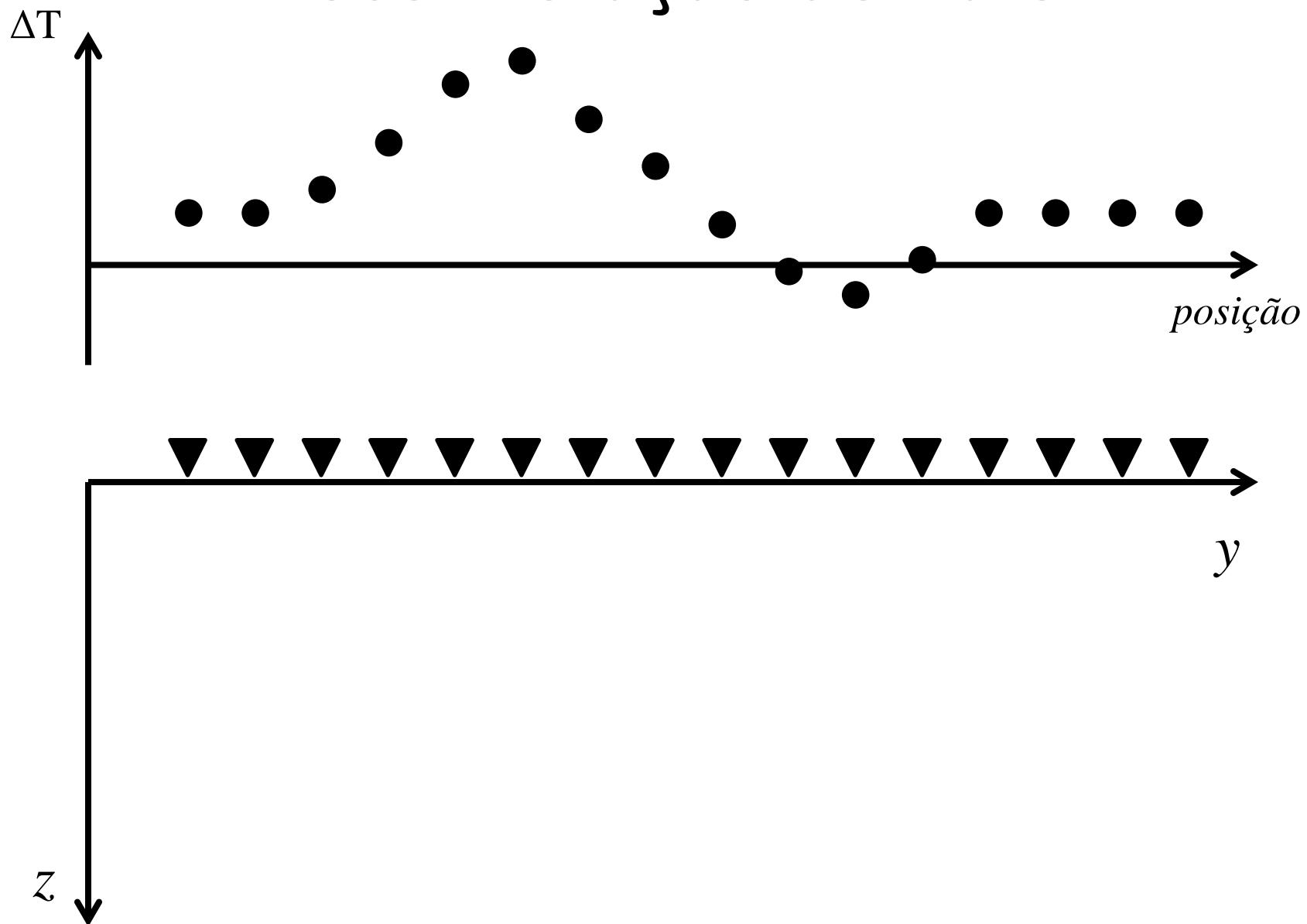
Deconvolução de Euler



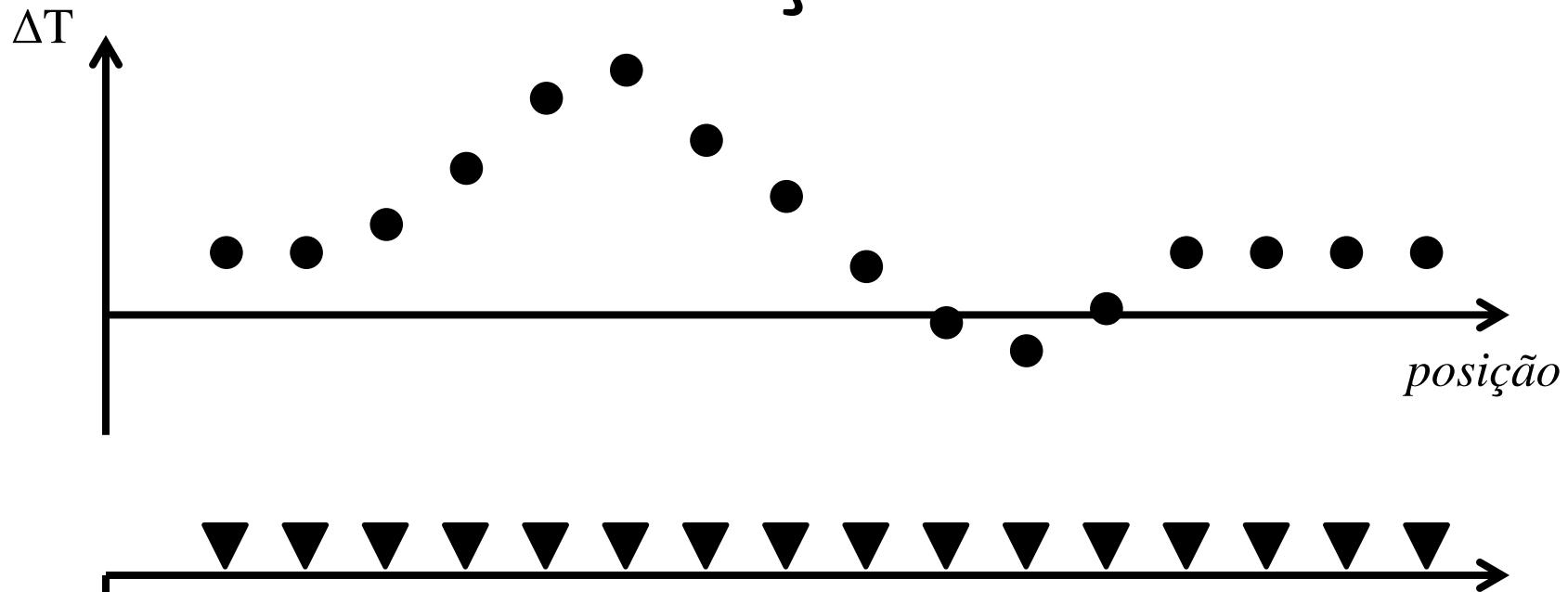
Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

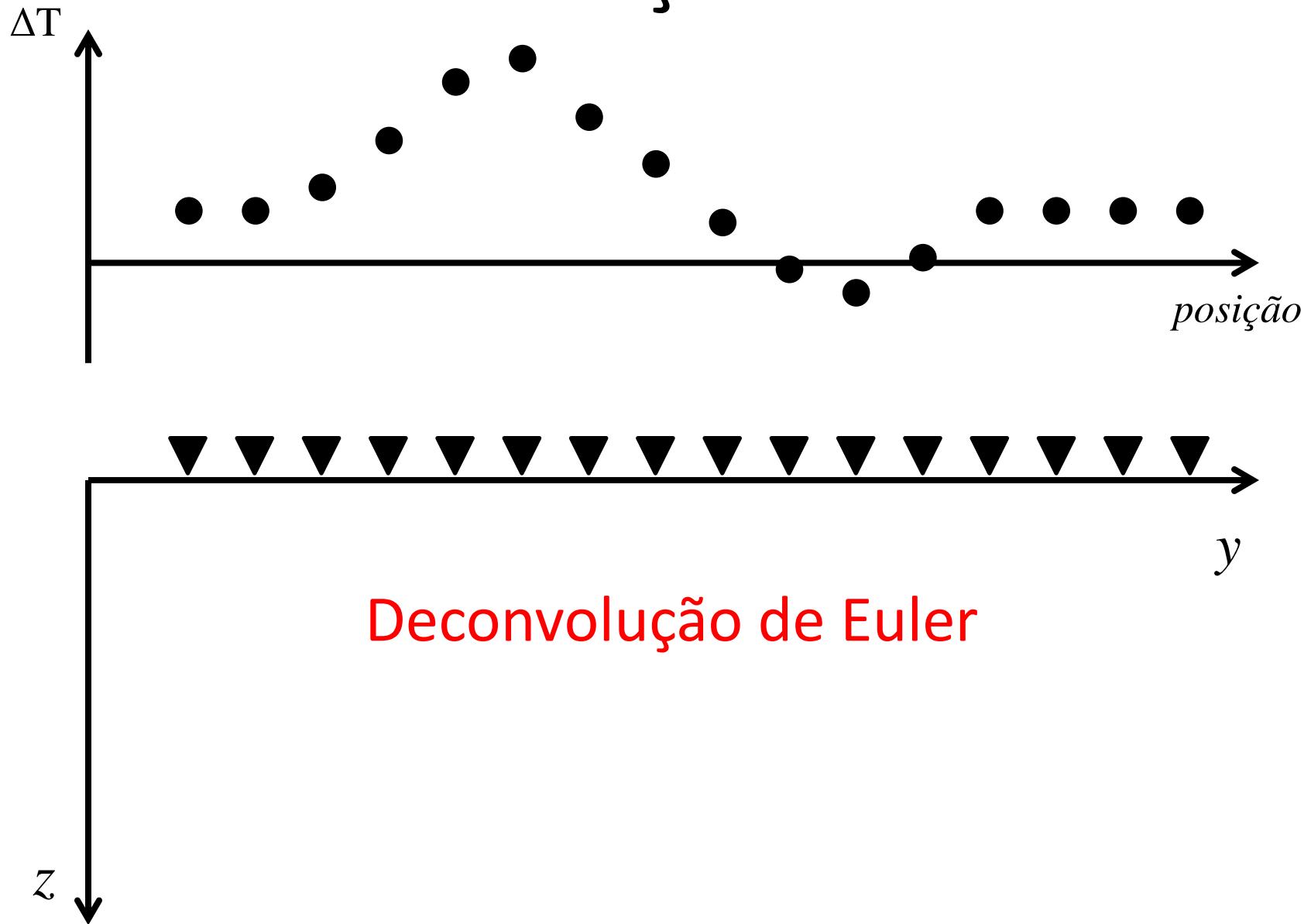


Como determinar a localização das fontes magnéticas a partir da anomalia de campo total observada?

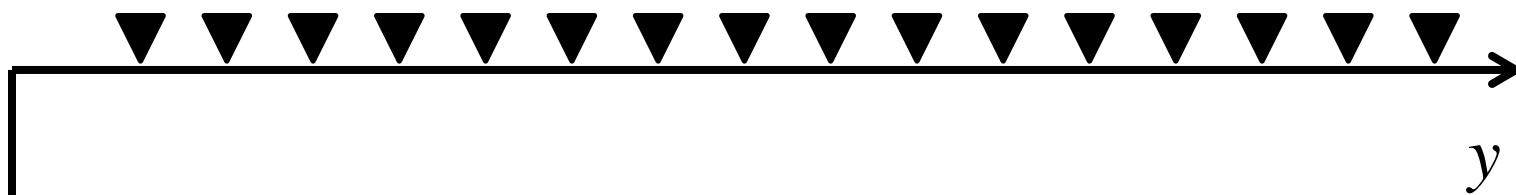
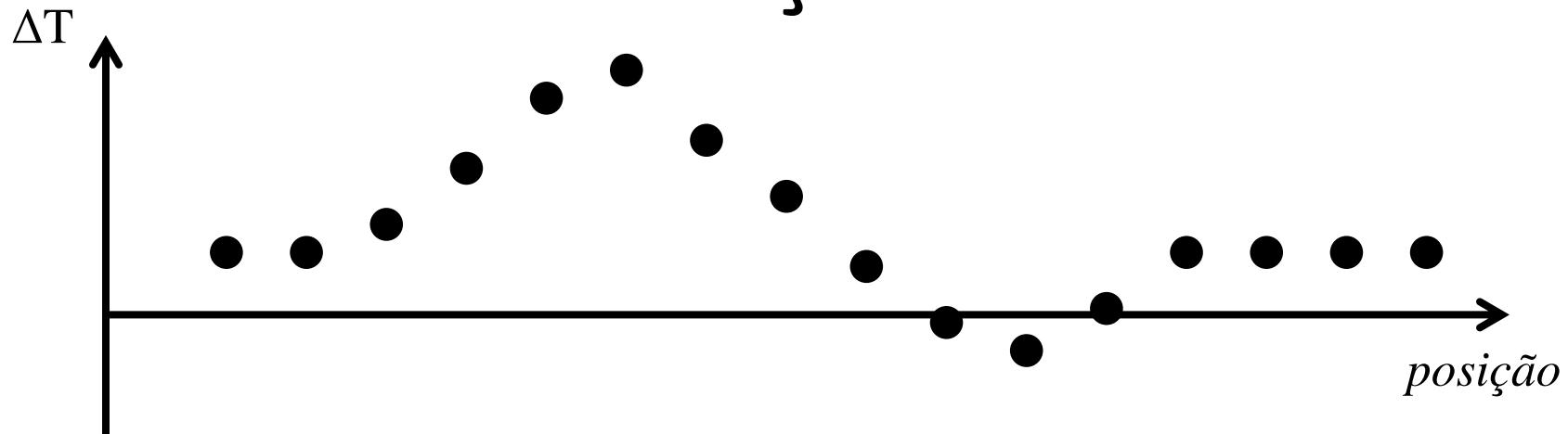
z

y

Deconvolução de Euler

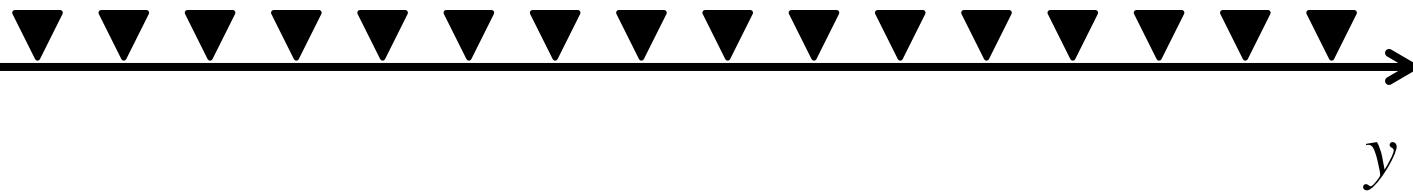
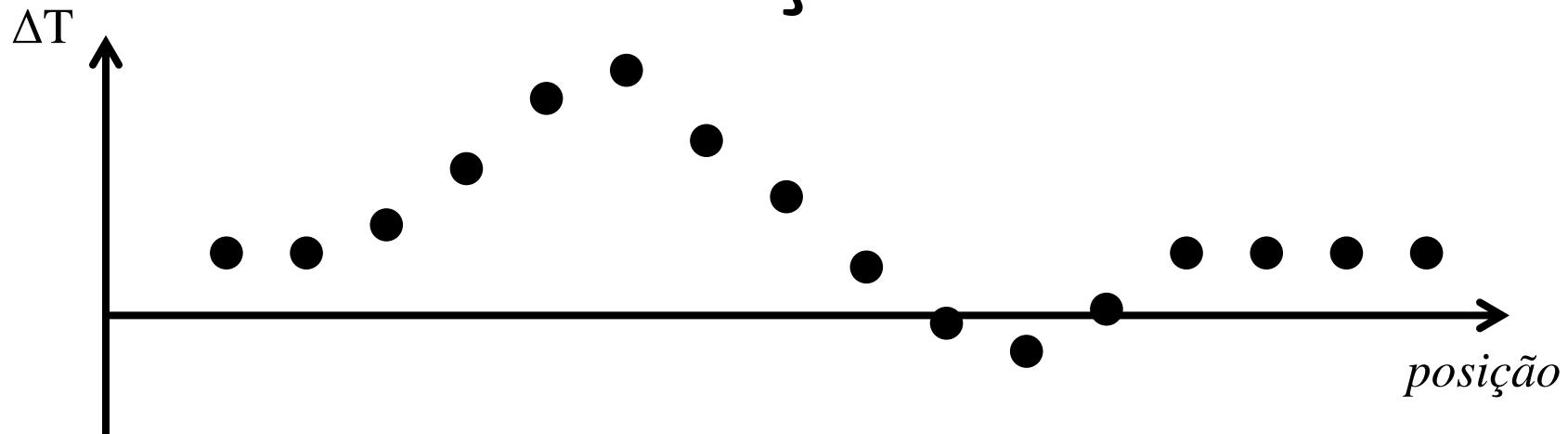


Deconvolução de Euler



Essa técnica serve para
determinar a posição de fontes
magnéticas **simples**

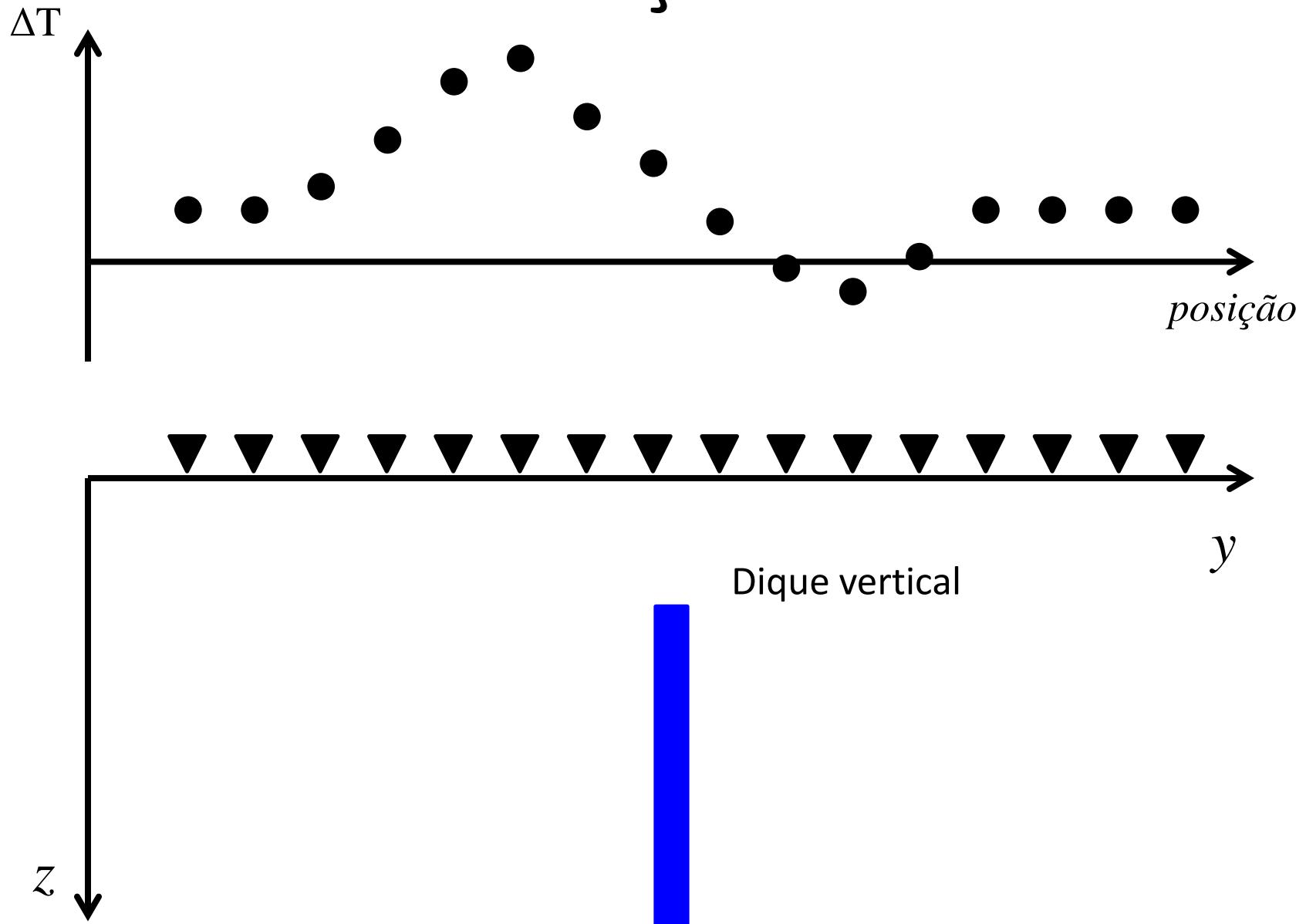
Deconvolução de Euler



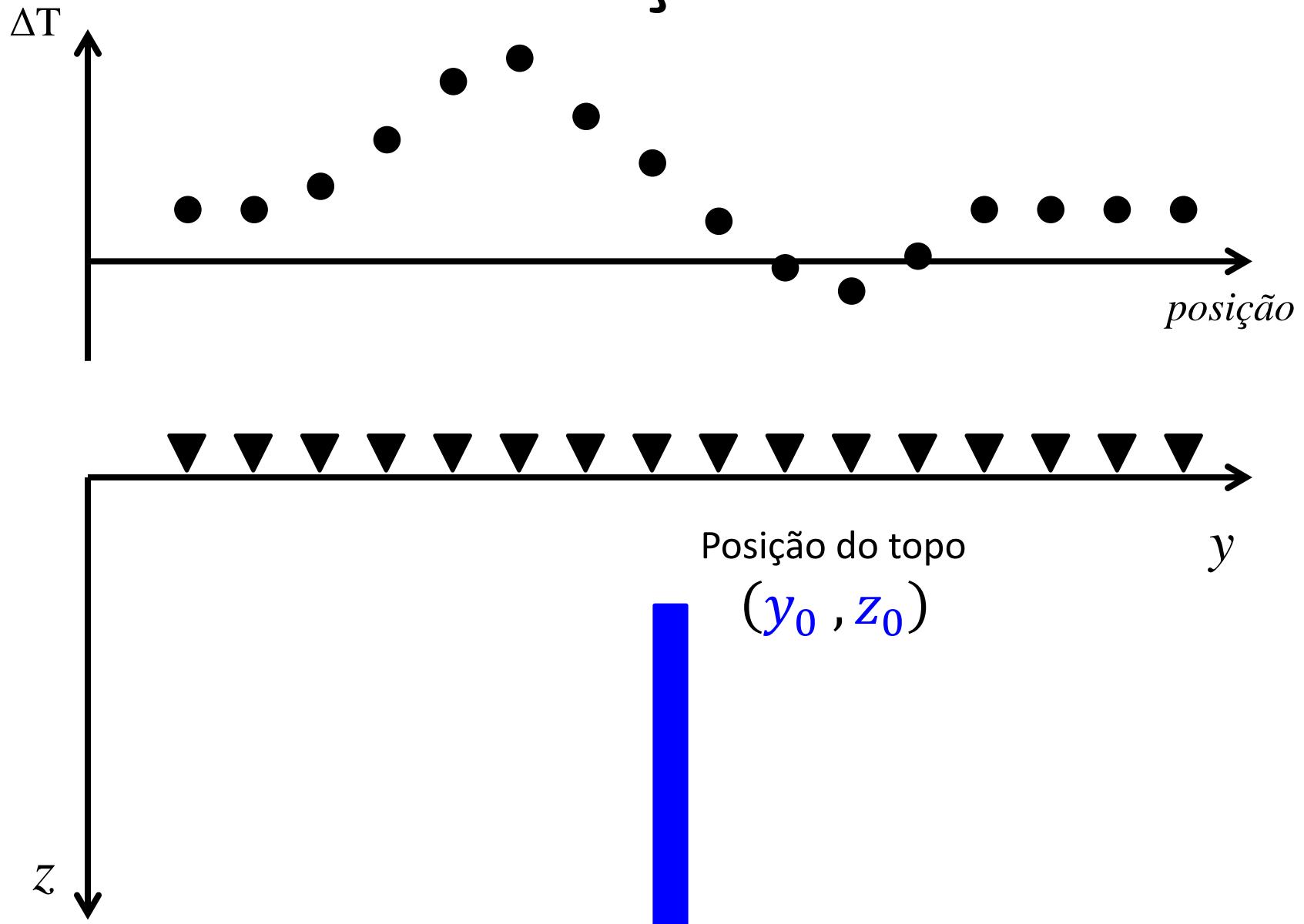
Estas fontes simples ou ideais
satisfazem a Equação
Homogênea de Euler

z

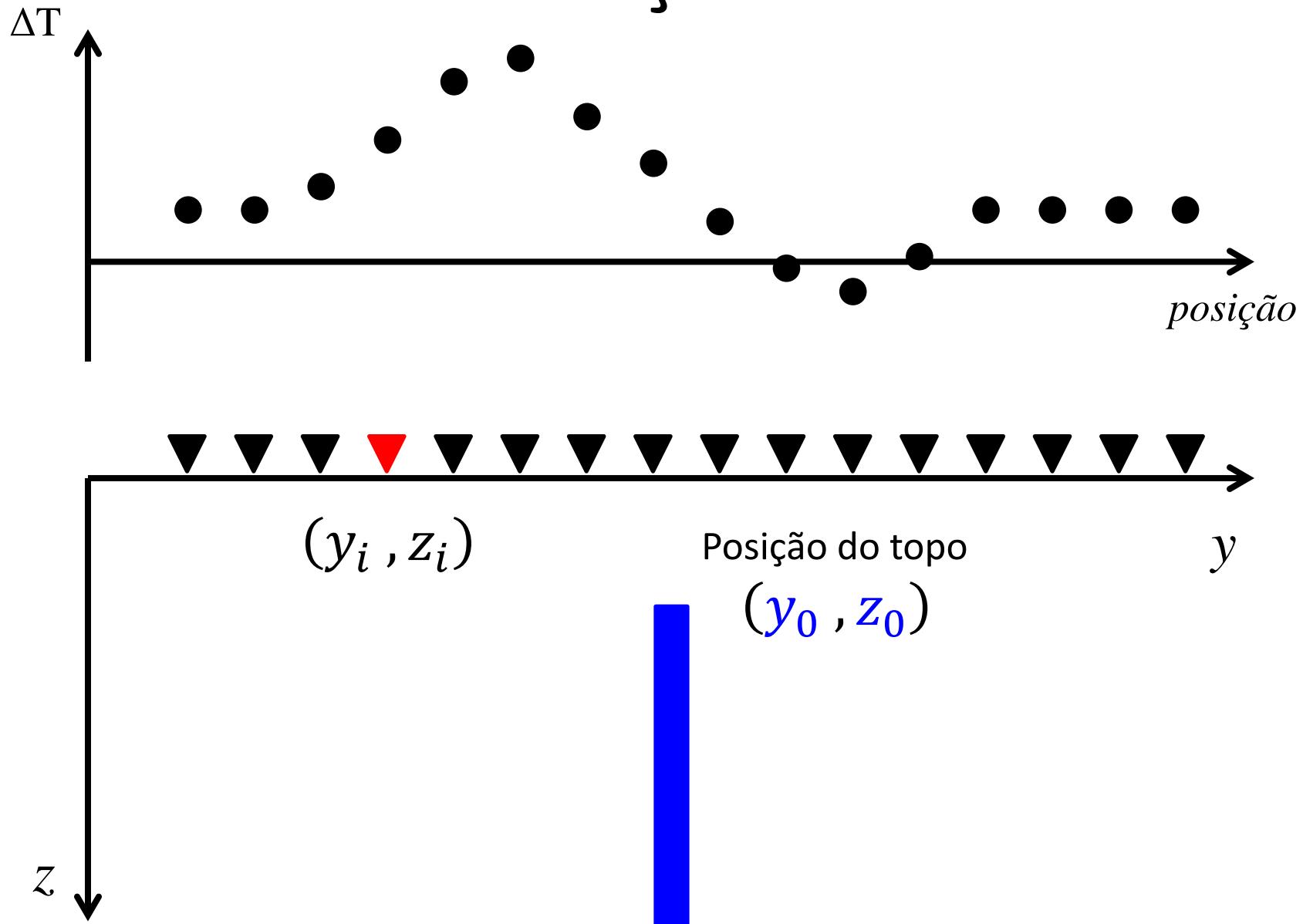
Deconvolução de Euler



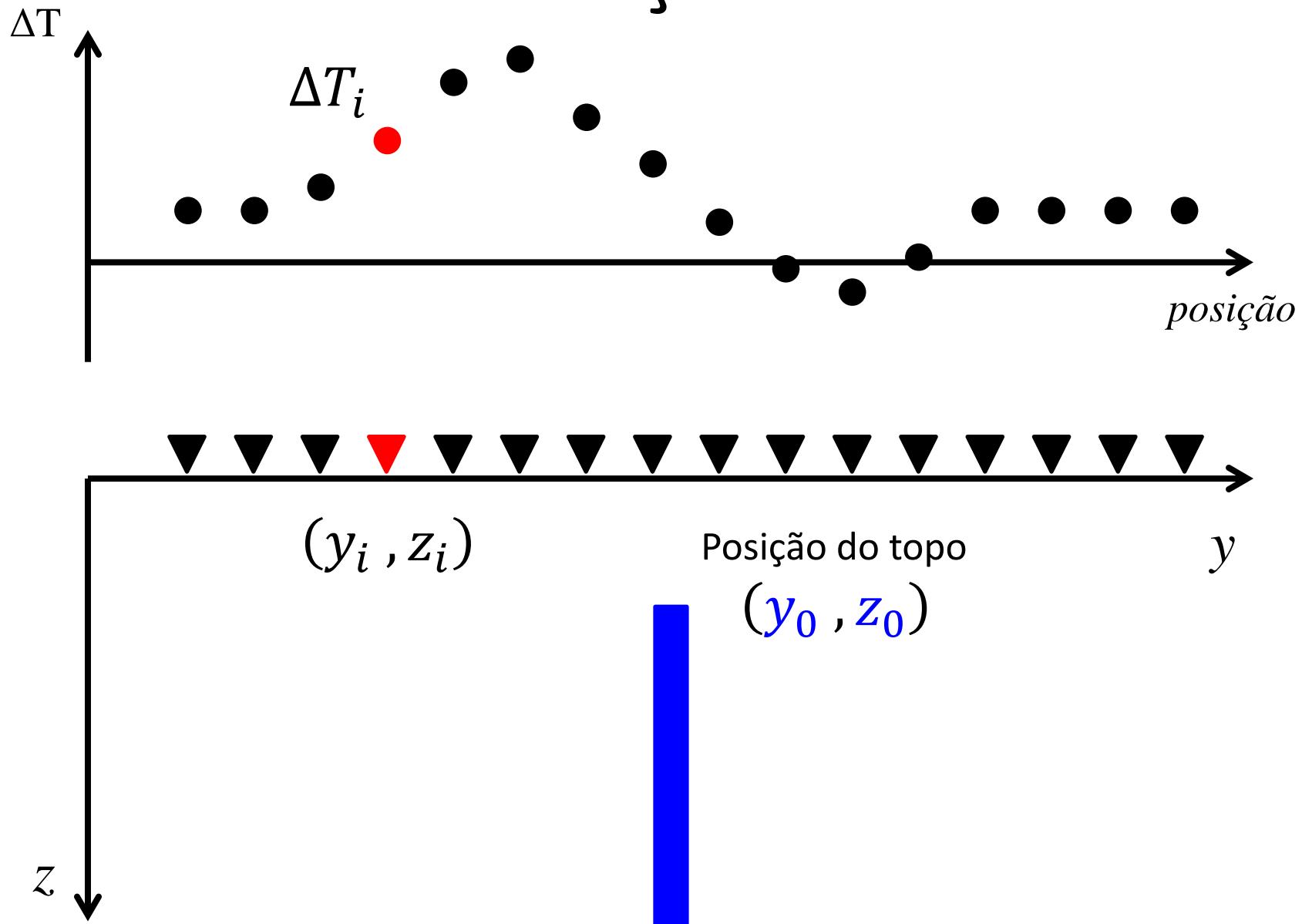
Deconvolução de Euler



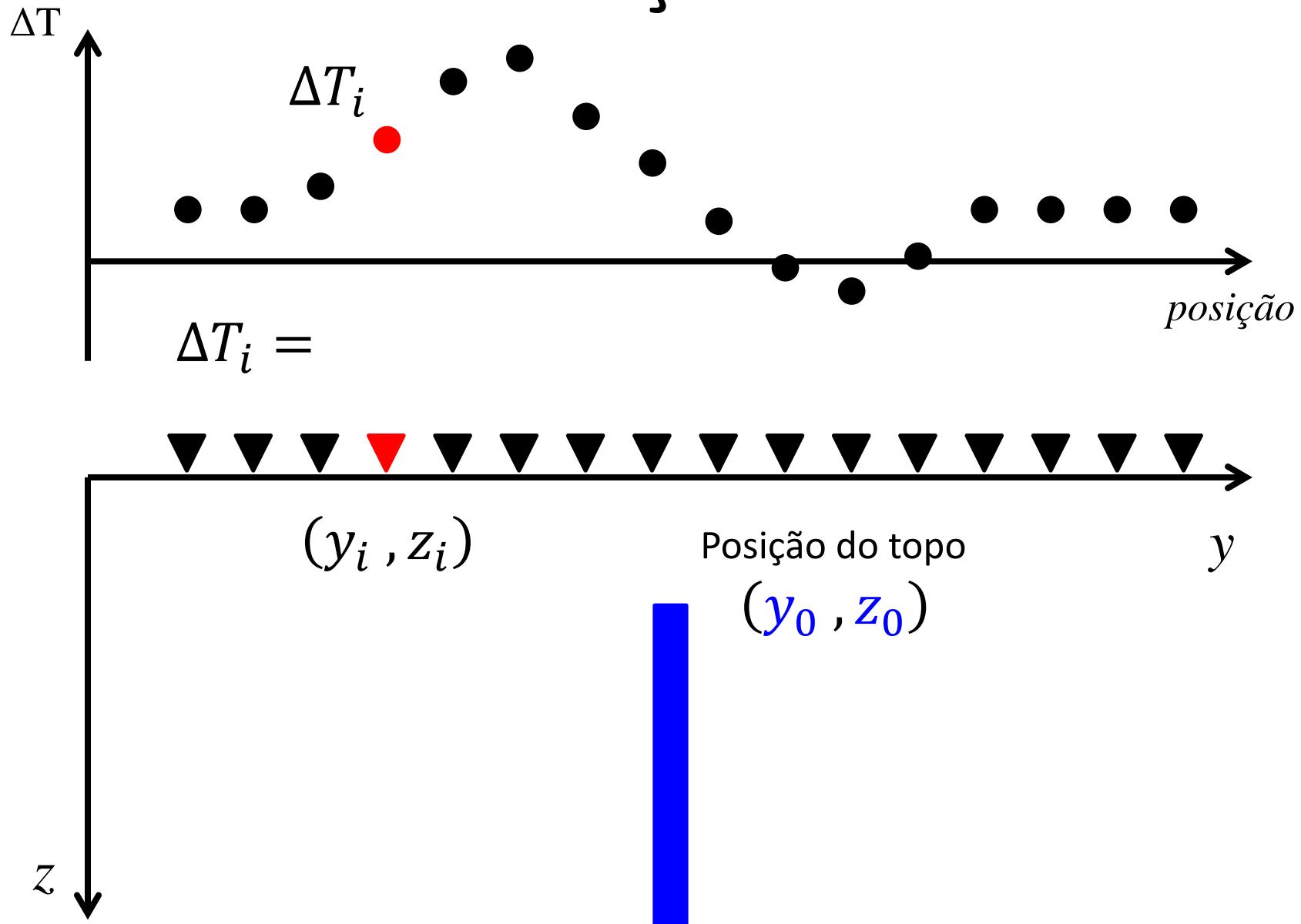
Deconvolução de Euler



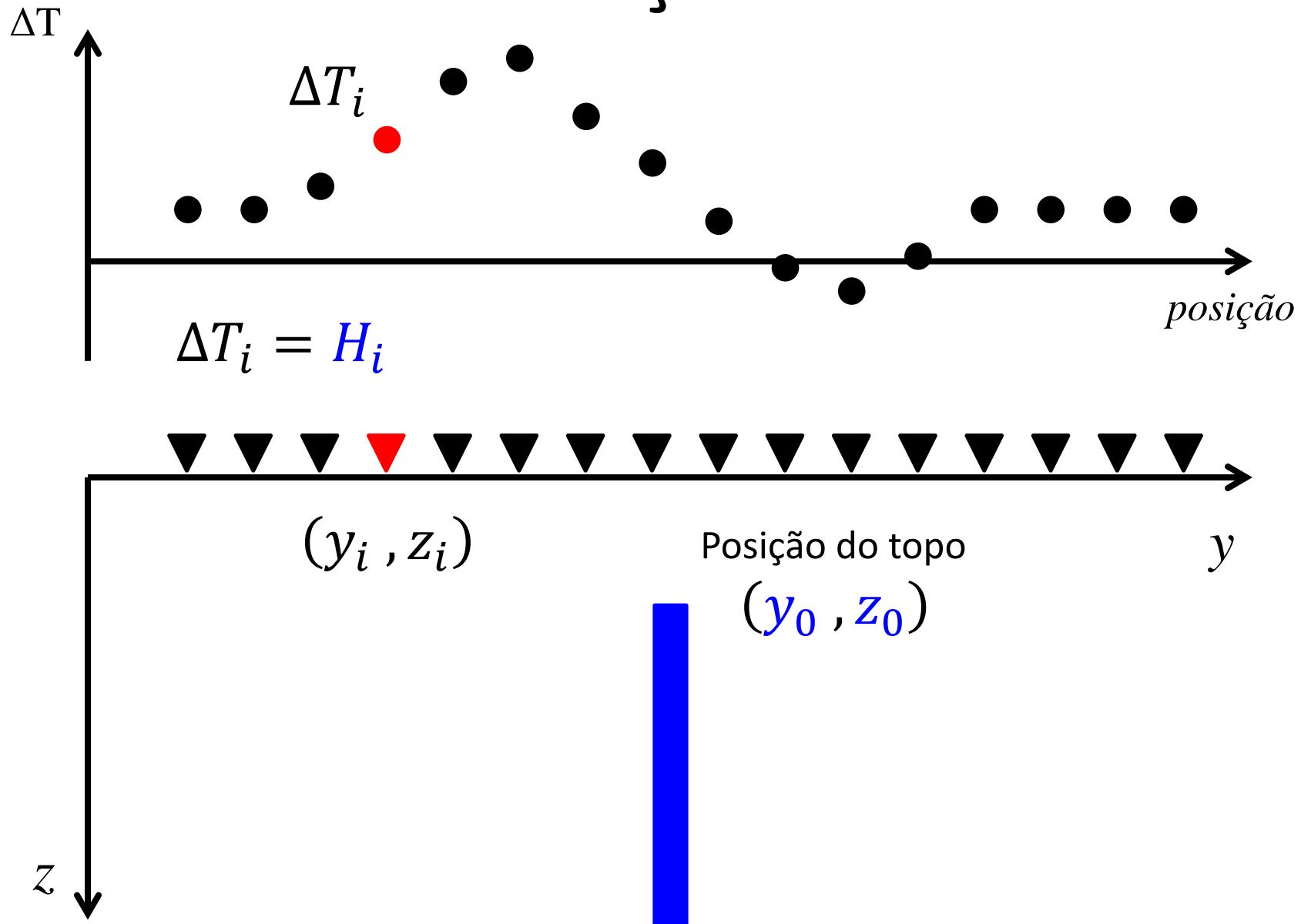
Deconvolução de Euler



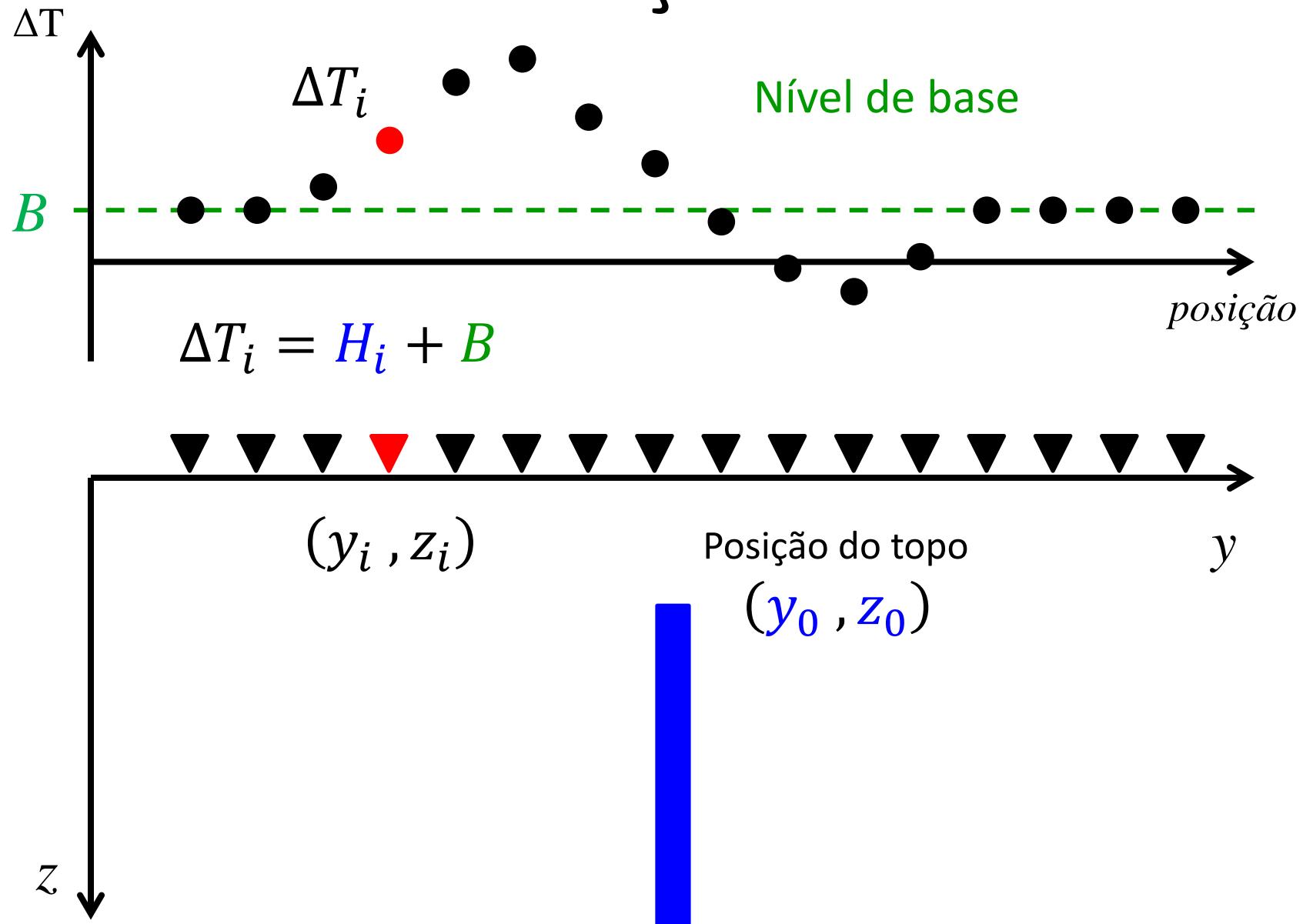
Deconvolução de Euler



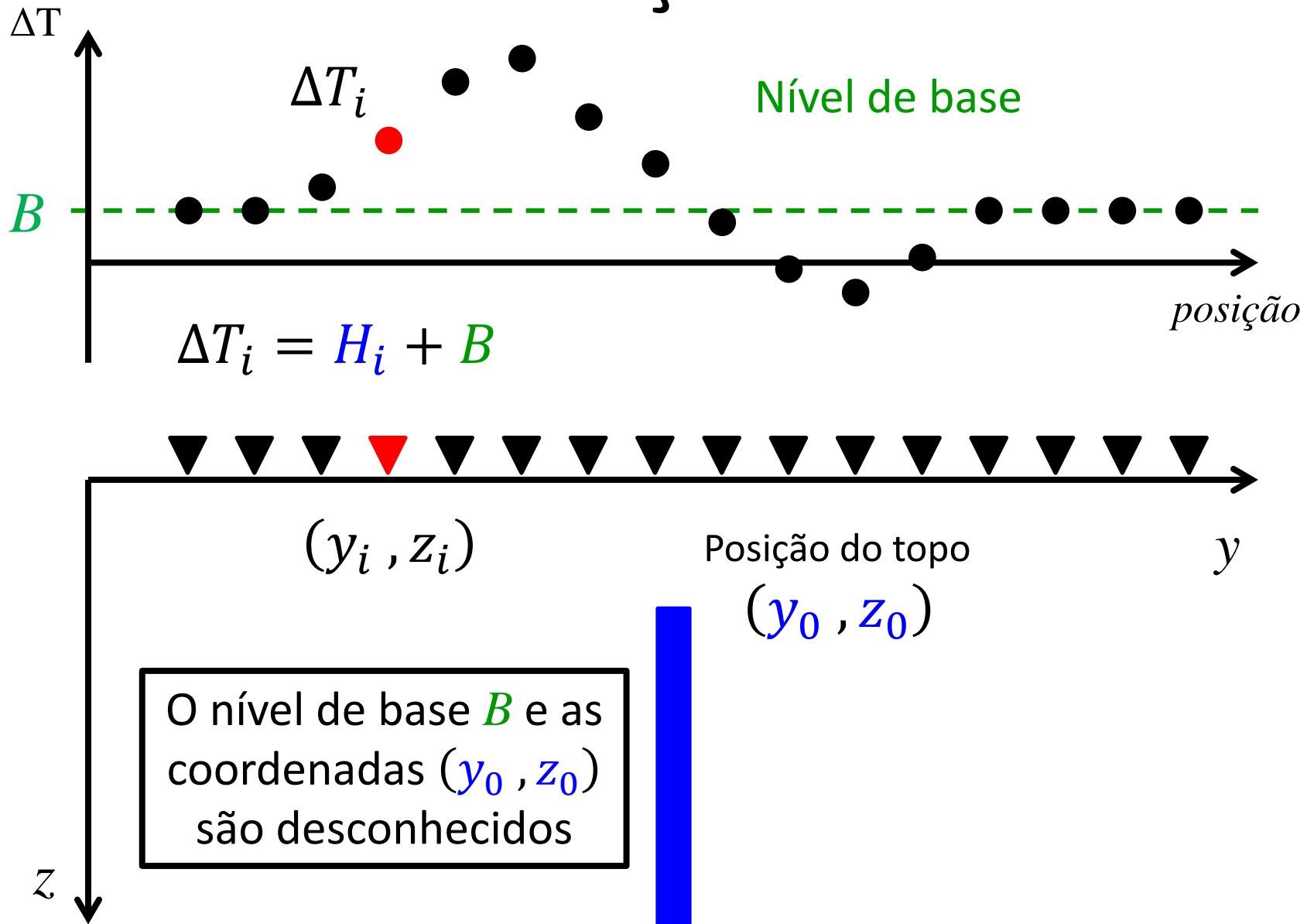
Deconvolução de Euler



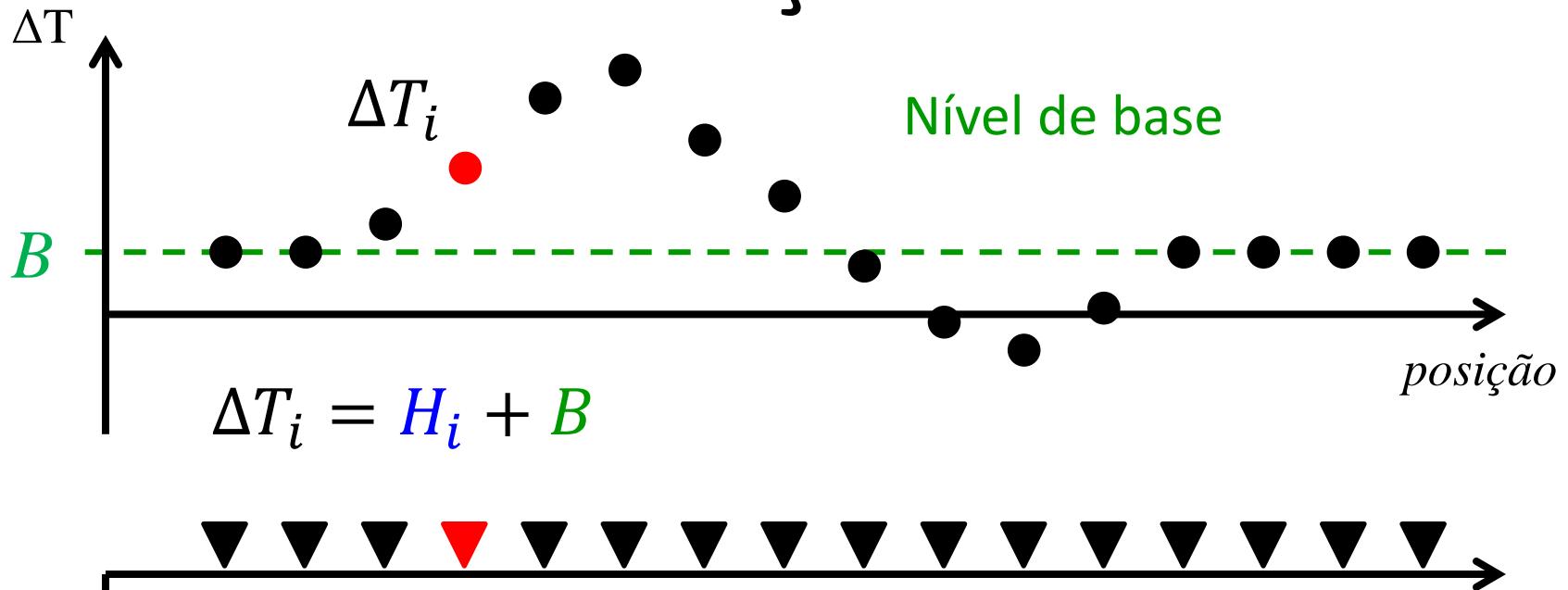
Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

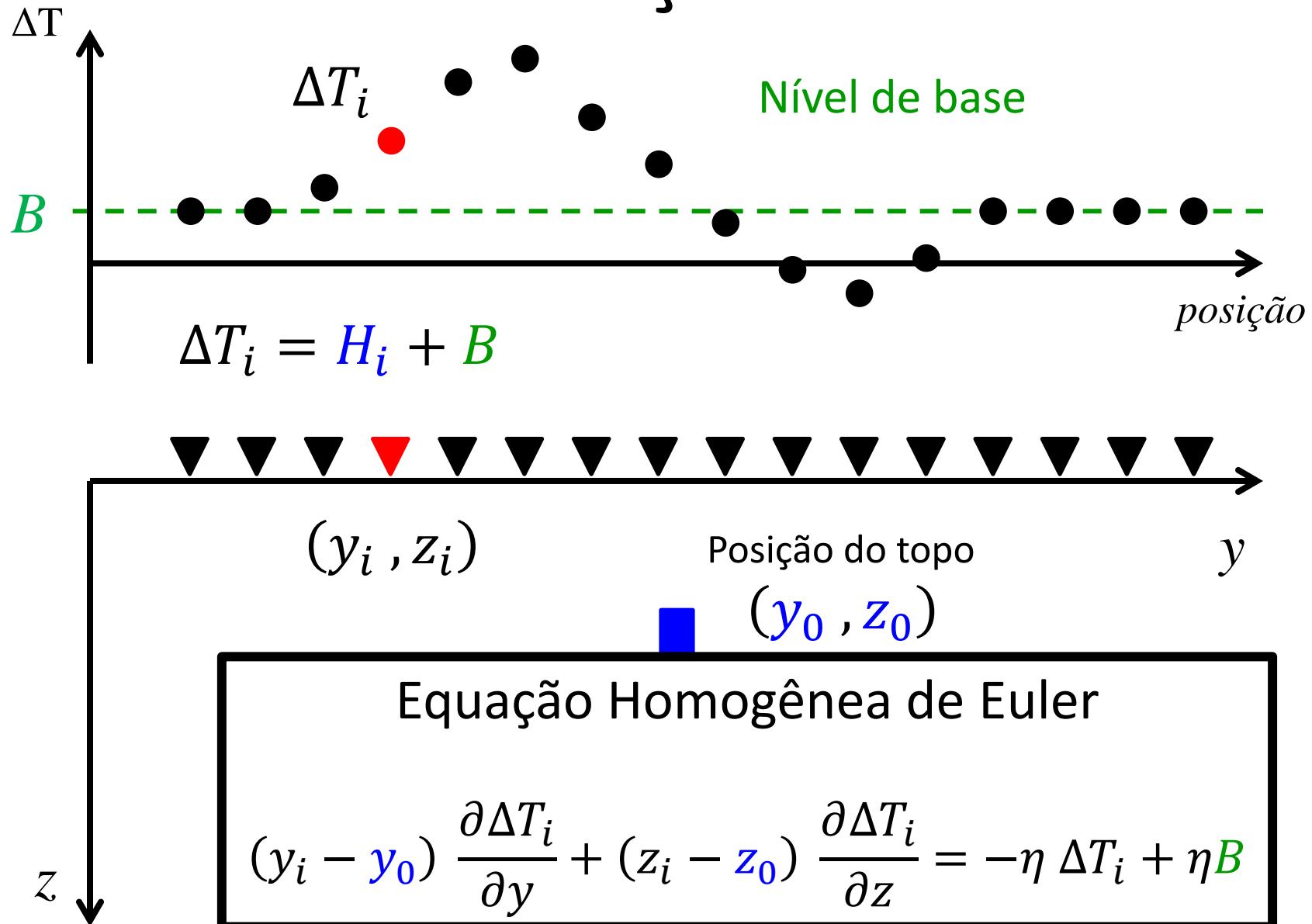


z

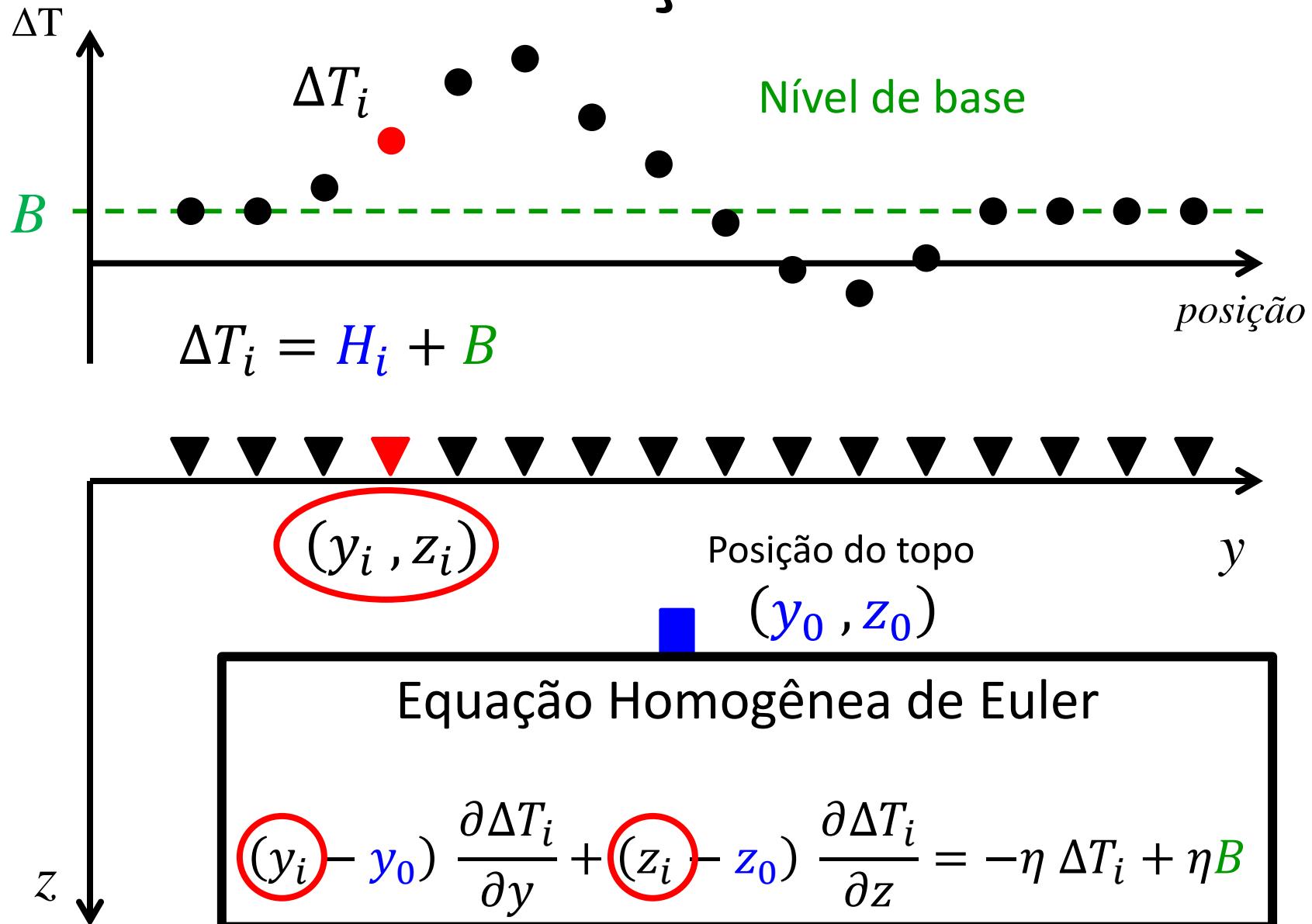
O nível de base B e as coordenadas (y_0, z_0) são desconhecidos

Neste caso, estes são os parâmetros a serem estimados pela Deconvolução de Euler

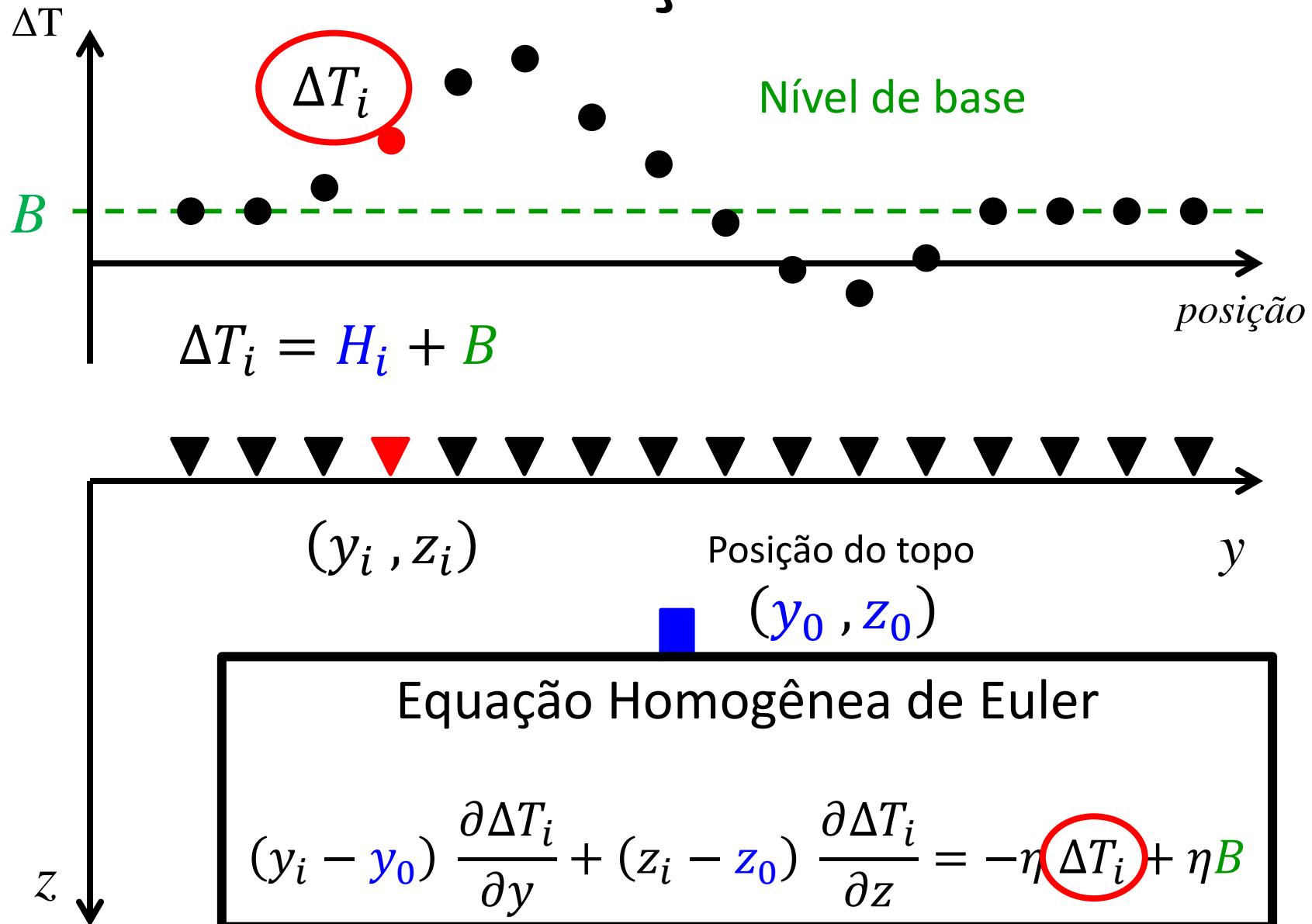
Deconvolução de Euler



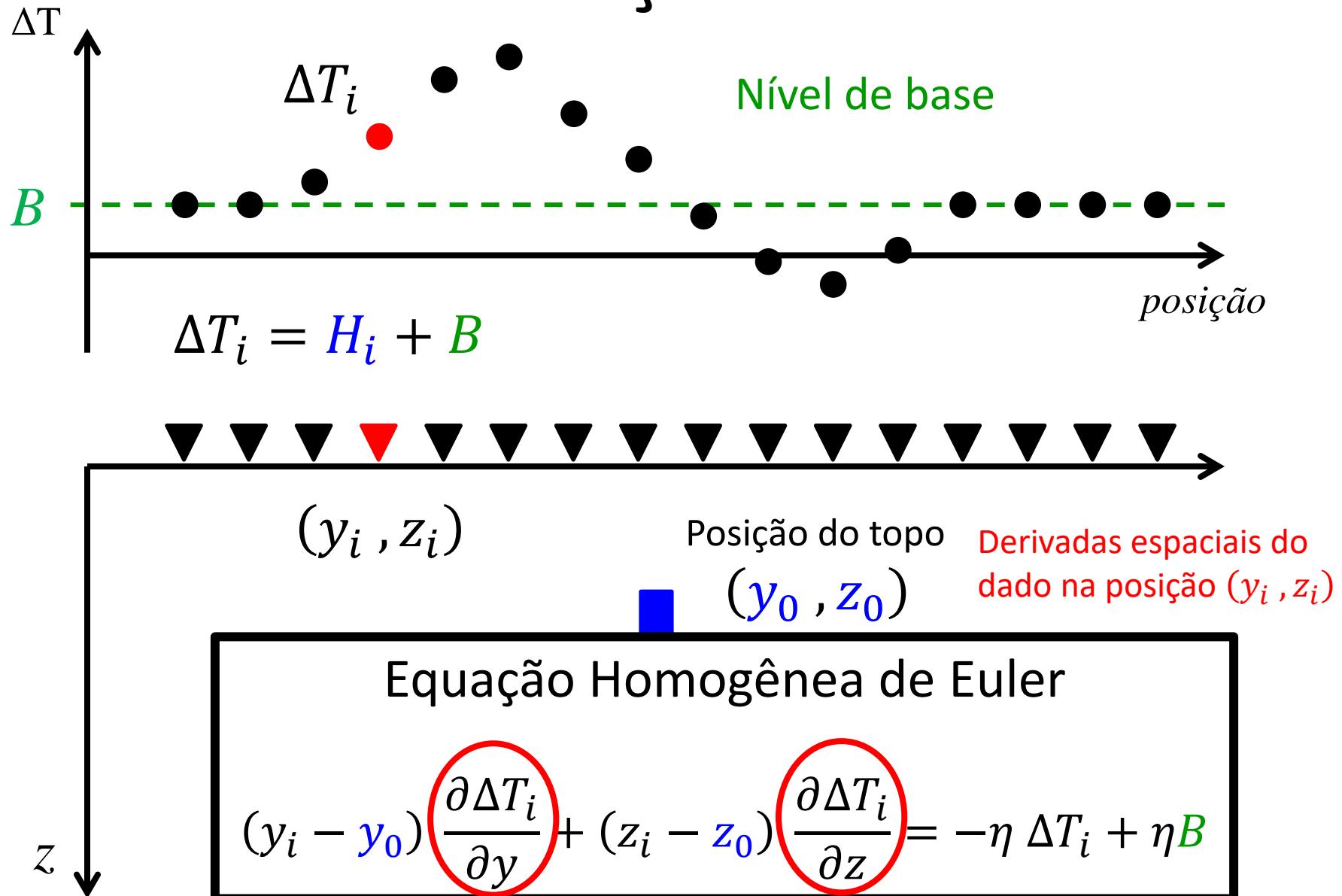
Deconvolução de Euler



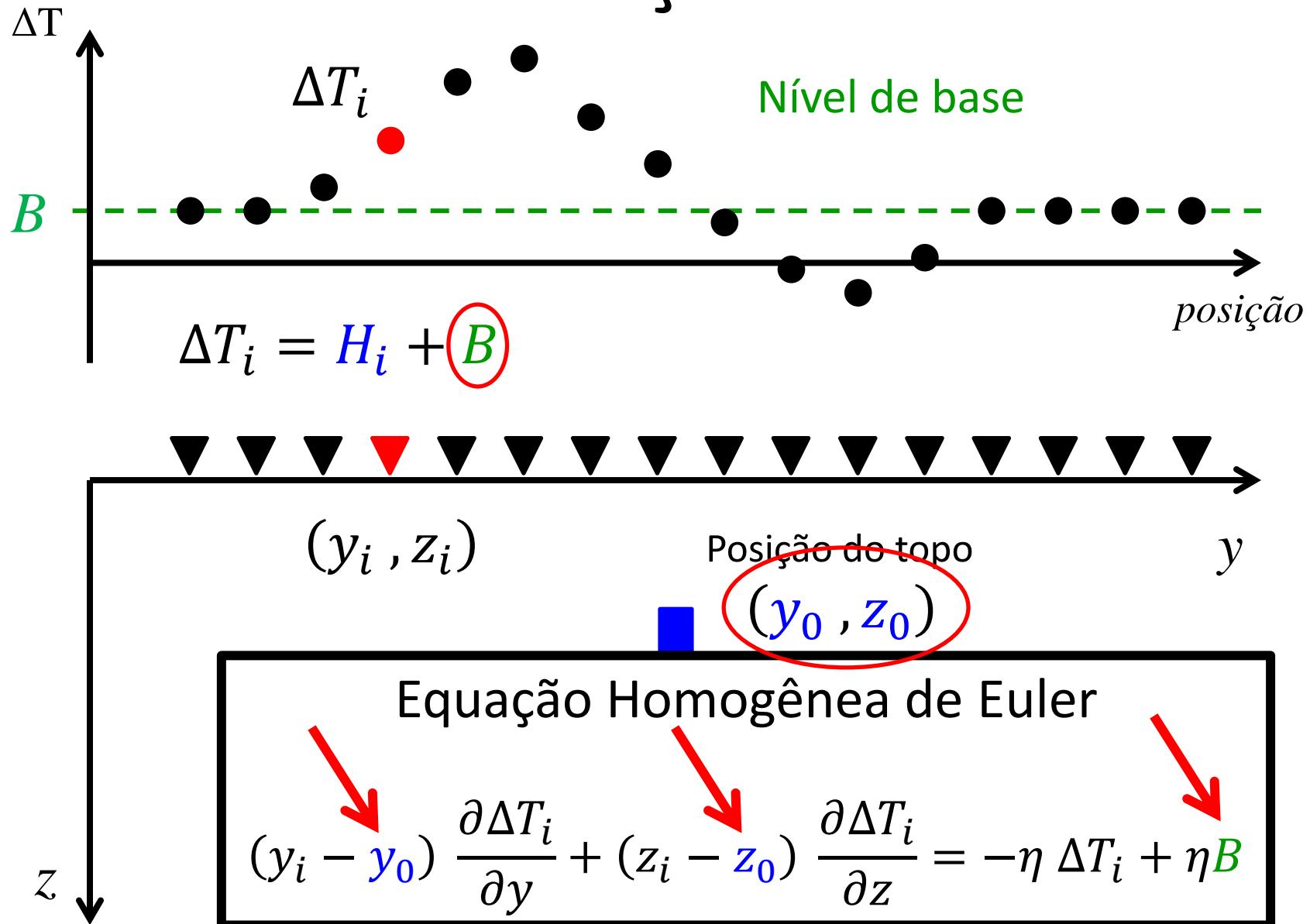
Deconvolução de Euler



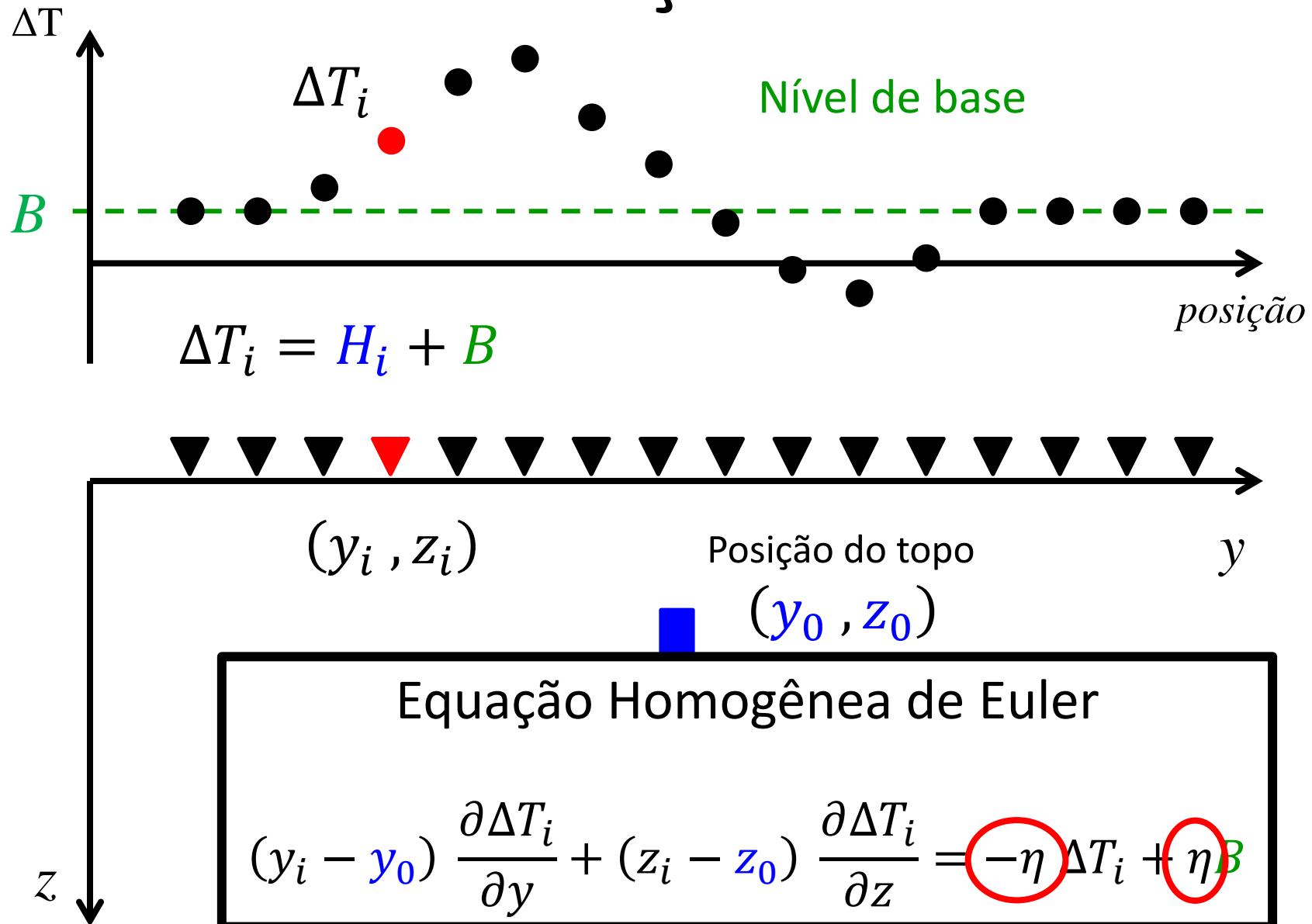
Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

η é uma constante denominada
índice estrutural

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

η é uma constante denominada
índice estrutural

O índice estrutural depende
da forma da fonte

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

η é uma constante denominada
índice estrutural

O índice estrutural depende
da forma da fonte

Para um dique vertical, por exemplo,

$$\eta = 1$$

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

Ao estabelecer um valor para η ,
o intérprete define o formato
da fonte

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

Ao estabelecer um valor para η ,
o intérprete define o formato
da fonte

Uma vez estabelecido um valor para η ...

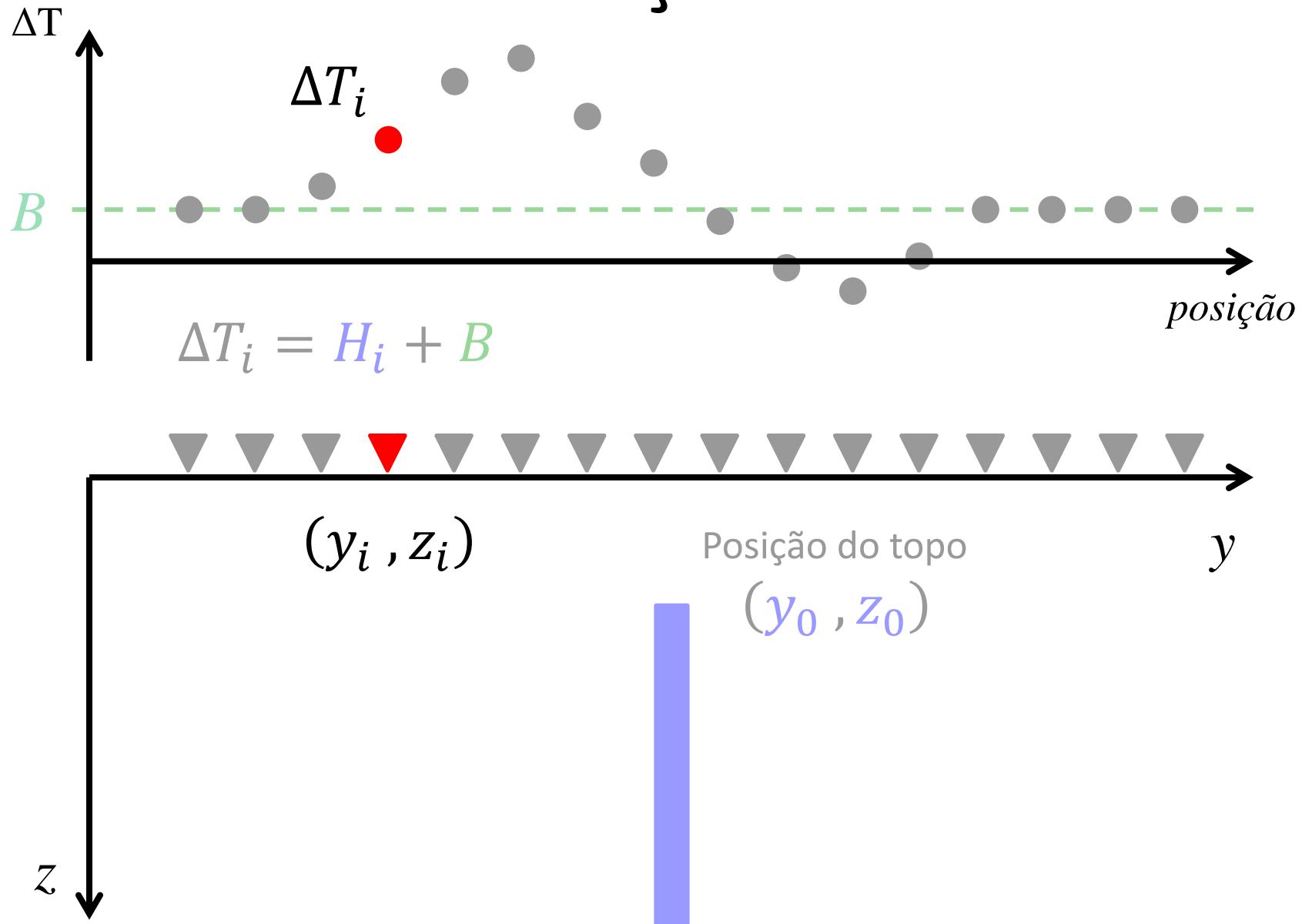
Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)$$

Equação para uma posição (y_i, z_i)

Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)$$

Equação para uma posição (y_i, z_i)

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

$$\textcolor{blue}{y}_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = d_1$$

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = d_1$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = d_N$$

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{d_i}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \textcolor{blue}{y}_0 \\ \textcolor{blue}{z}_0 \\ \textcolor{green}{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix}}_{\mathbf{G}} \begin{bmatrix} \textcolor{blue}{y}_0 \\ \textcolor{blue}{z}_0 \\ \textcolor{green}{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

↓ ↓

\mathbf{G} \mathbf{p} \mathbf{d}

Deconvolução de Euler

$$(y_i - \textcolor{blue}{y}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + (z_i - \textcolor{blue}{z}_0) \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} = -\eta \Delta T_i + \eta \textcolor{green}{B}$$

$$y_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + \textcolor{blue}{z}_0 \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \textcolor{green}{B} = \underbrace{\left(y_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial y} + z_i \frac{\partial \Delta T_i}{\partial z} + \eta \Delta T_i \right)}_{\text{d}_i}$$

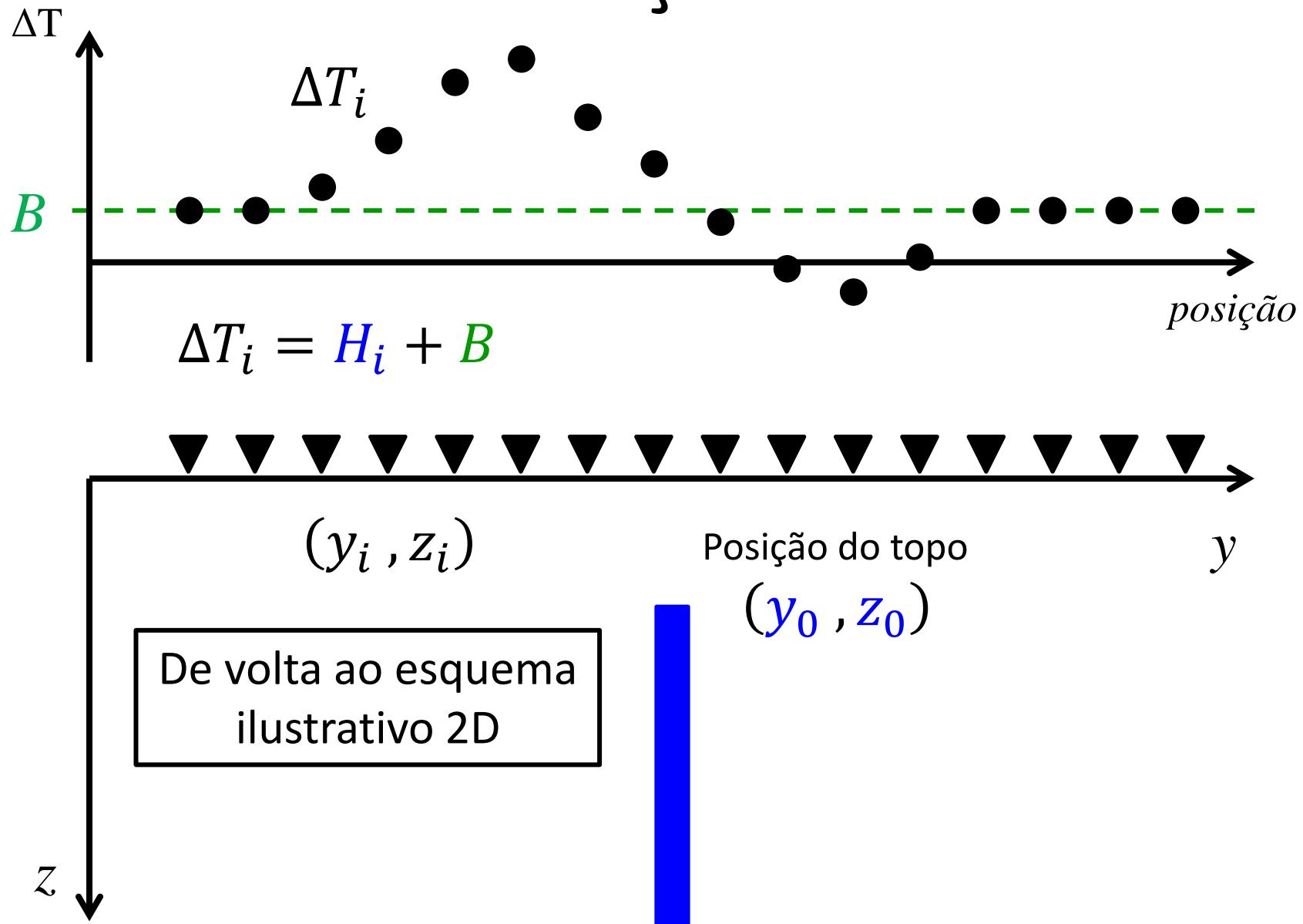
$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \textcolor{blue}{y}_0 \\ \textcolor{blue}{z}_0 \\ \textcolor{green}{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

$\downarrow \qquad \downarrow$

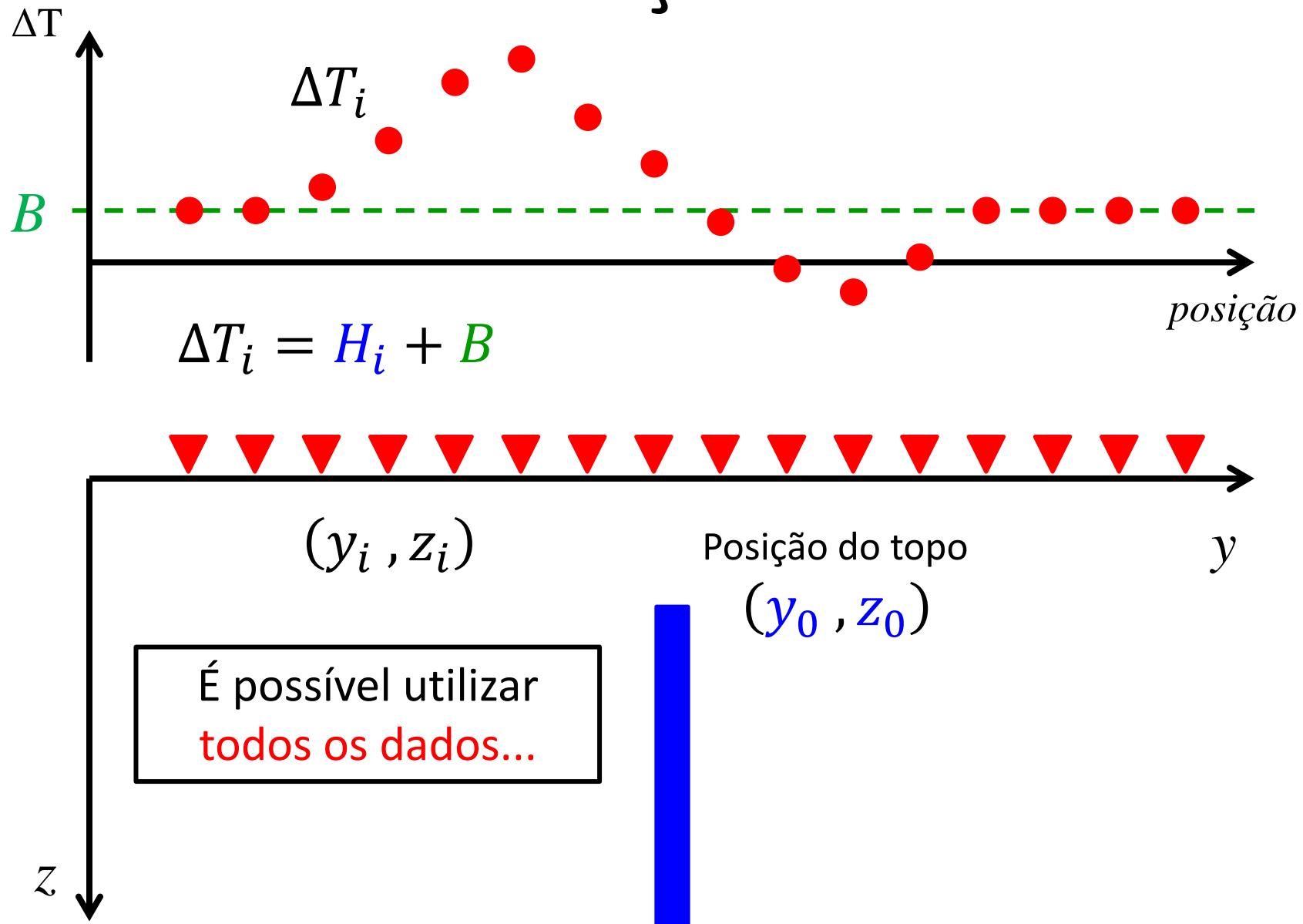
$\mathbf{G} \qquad \mathbf{p} \qquad \mathbf{d}$

$$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$$

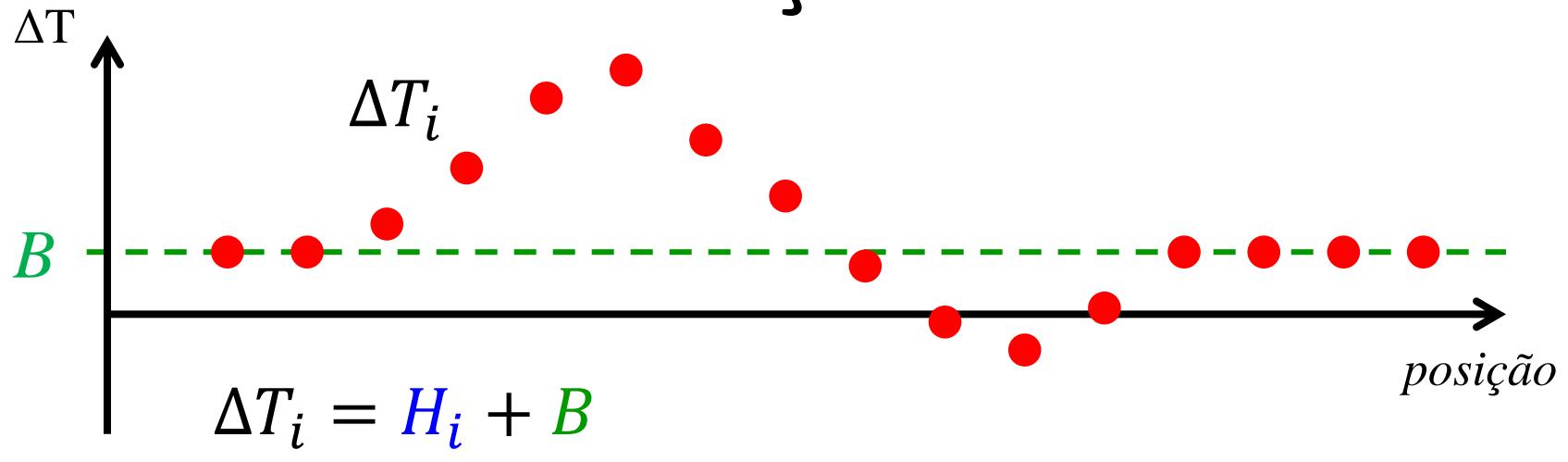
Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

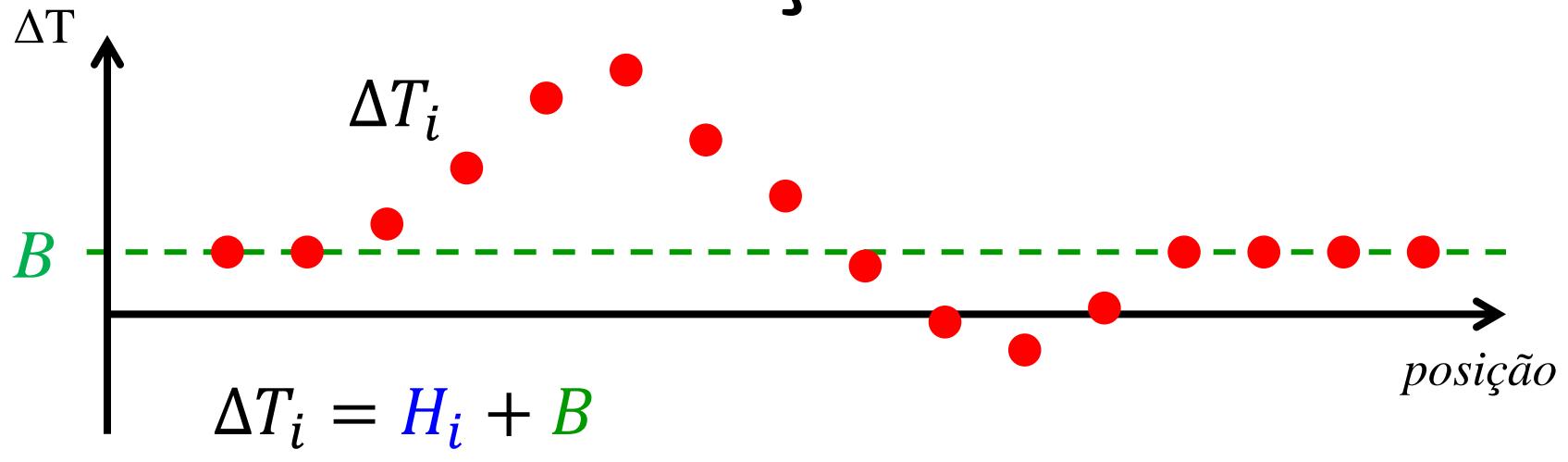


(y, z)
... e estimar as
coordenadas (y_0, z_0) do
topo do dique vertical e
o nível de base B por
meio da solução deste
sistema linear

Posição do topo
 (y_0, z_0)

$$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$$

Deconvolução de Euler



$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_1}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_1}{\partial z} & \eta \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta T_N}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_N}{\partial z} & \eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_0 \\ z_0 \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}$$

Posição do topo
(y_0 , z_0)

y

z

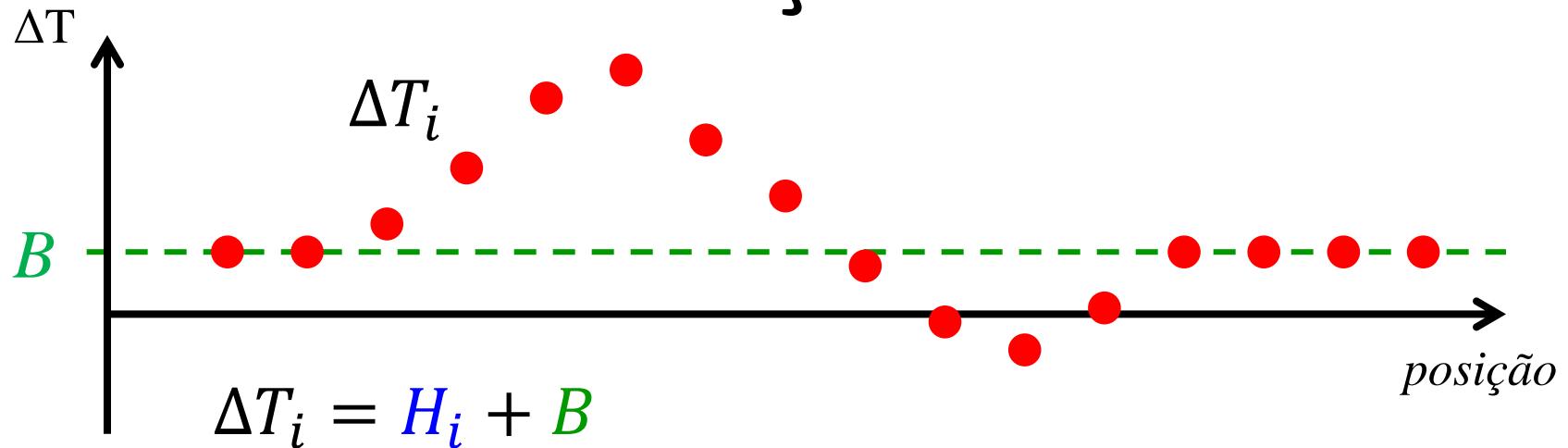
\mathbf{G}

\mathbf{p}

\mathbf{d}

$\mathbf{p} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{d}$

Deconvolução de Euler



Posição do topo
(y_0 , z_0)

y

z

G

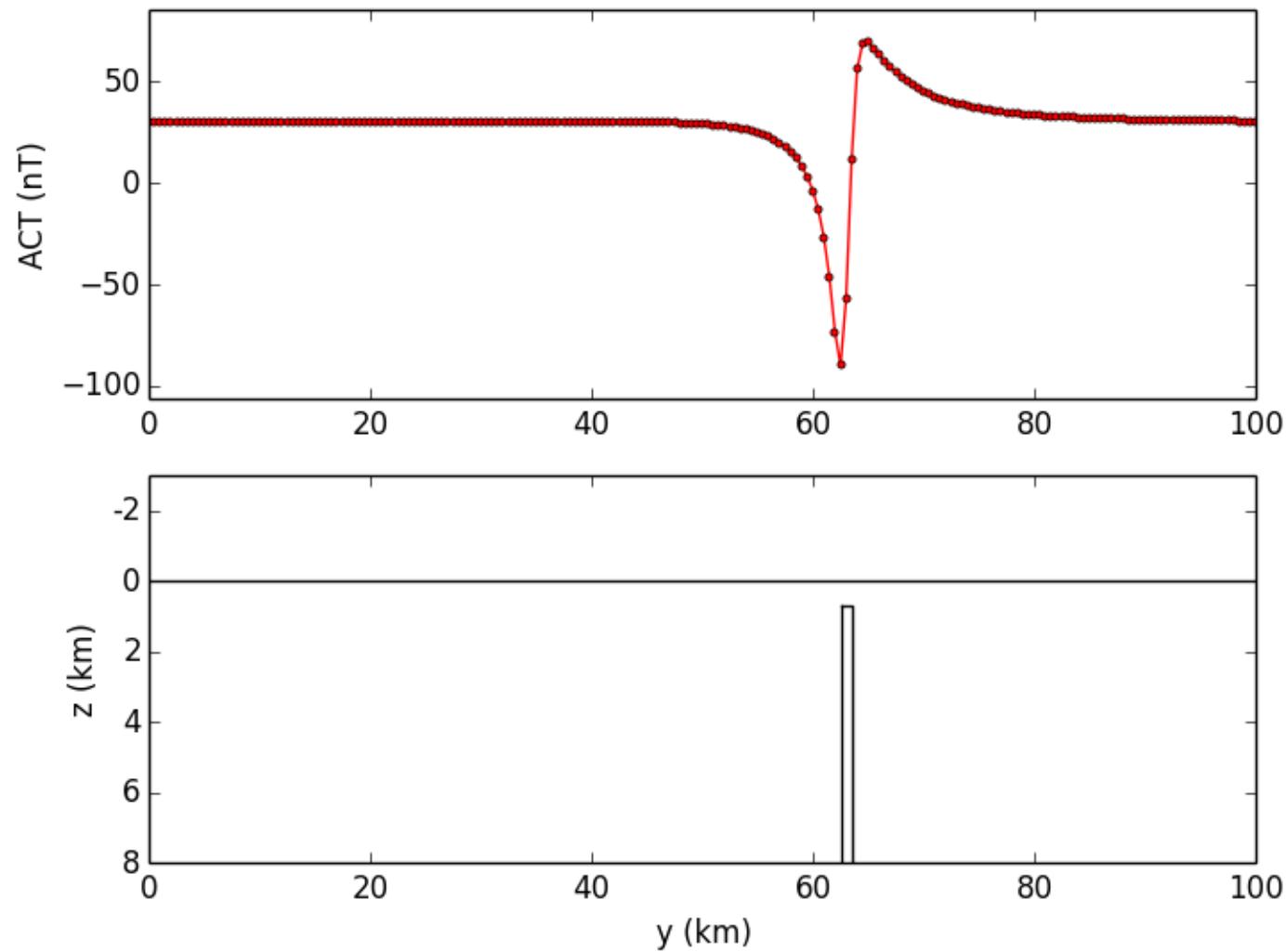
p

d

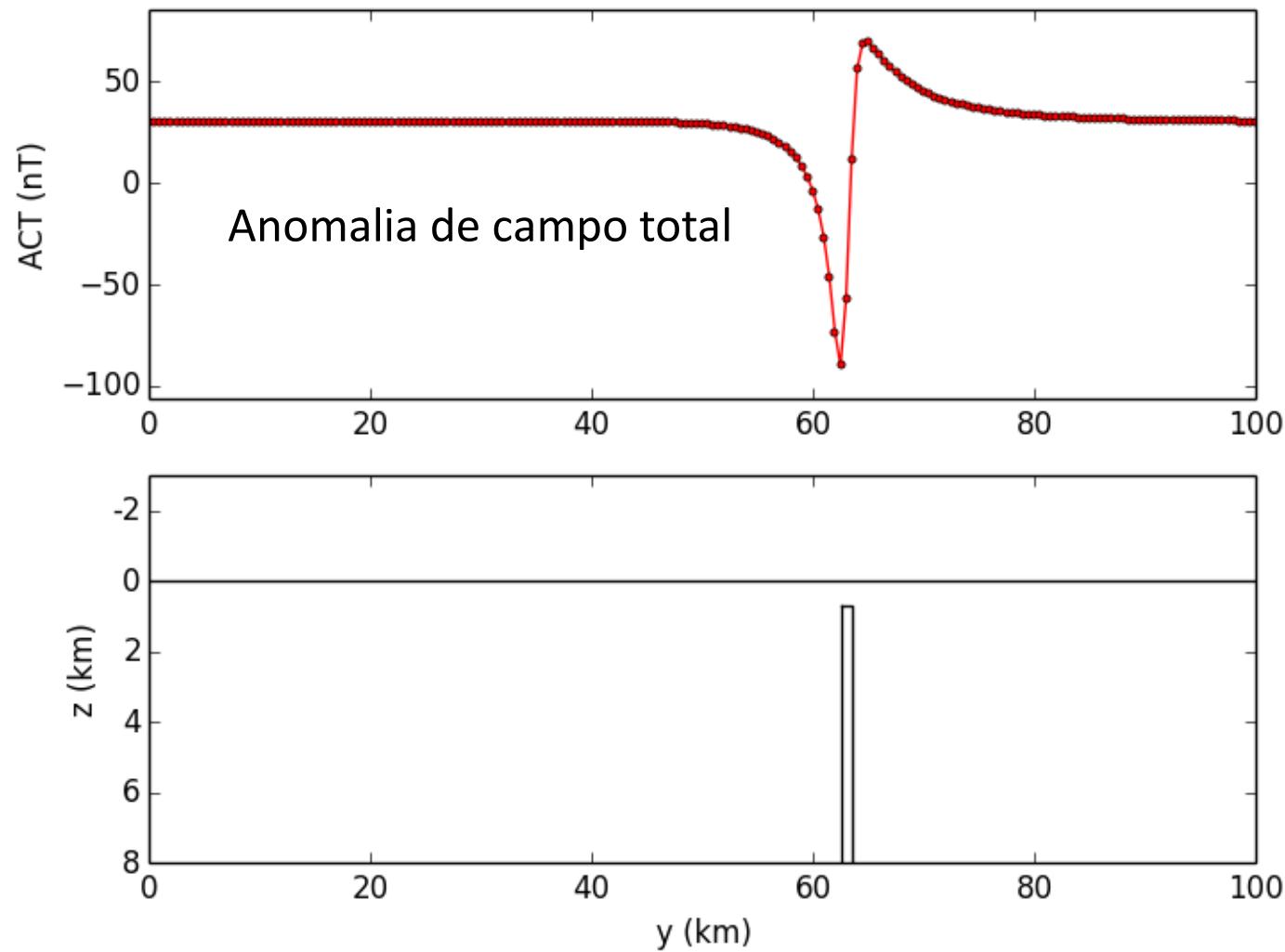
$\boxed{p = (G^T G)^{-1} G^T d}$

Estimativa de um nível de base B e uma posição y_0, z_0 para o topo do dique

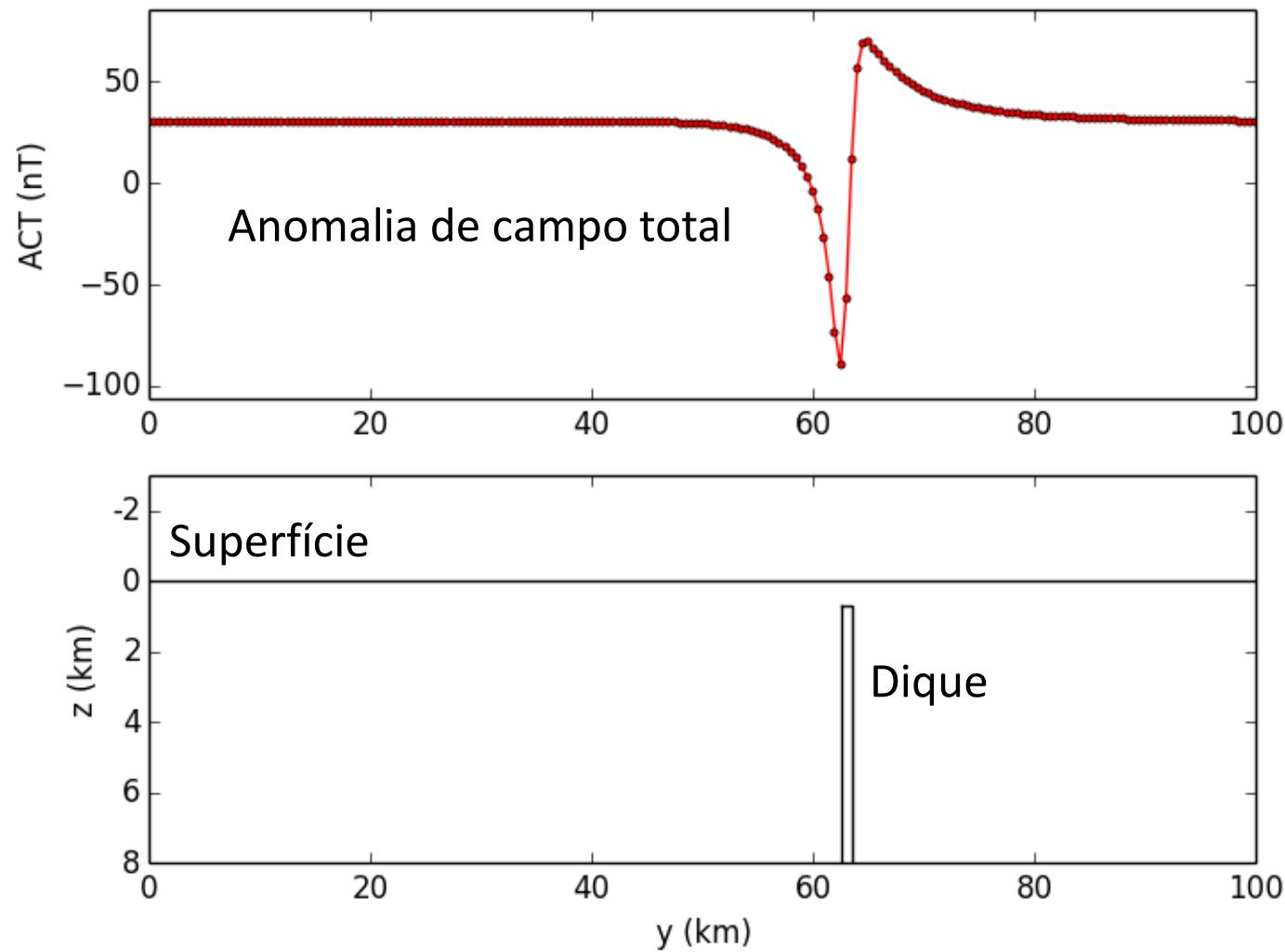
Deconvolução de Euler



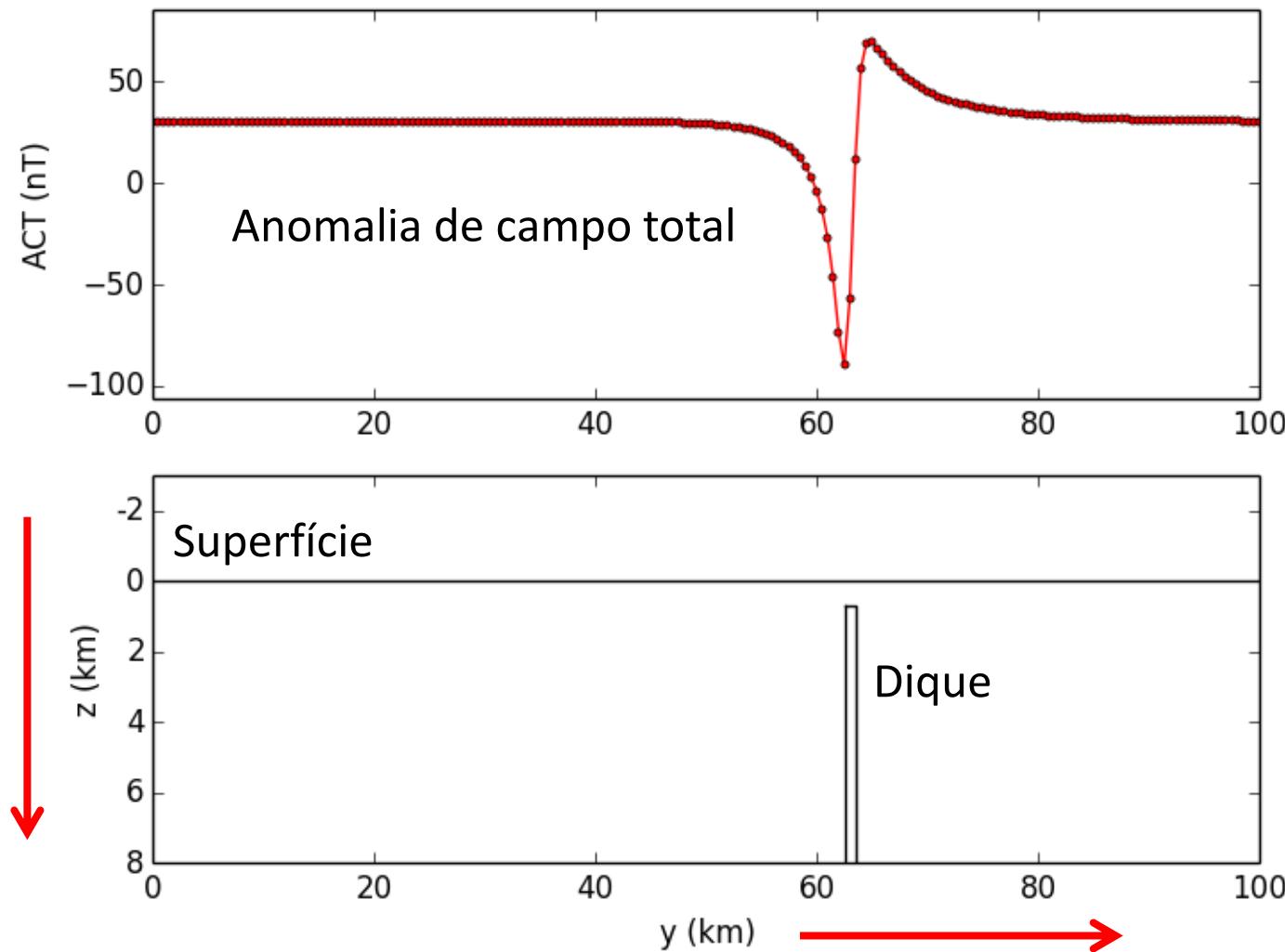
Deconvolução de Euler



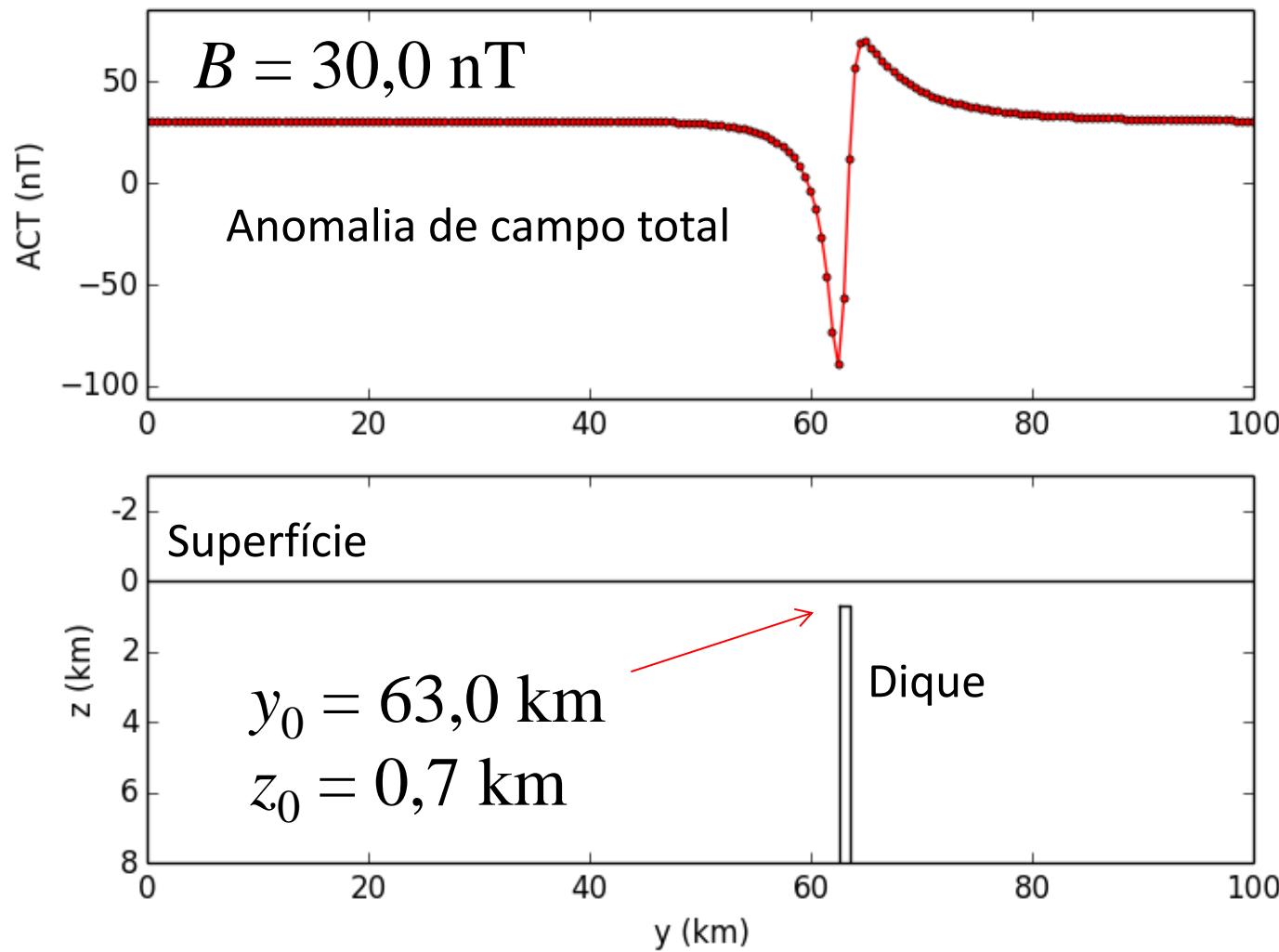
Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

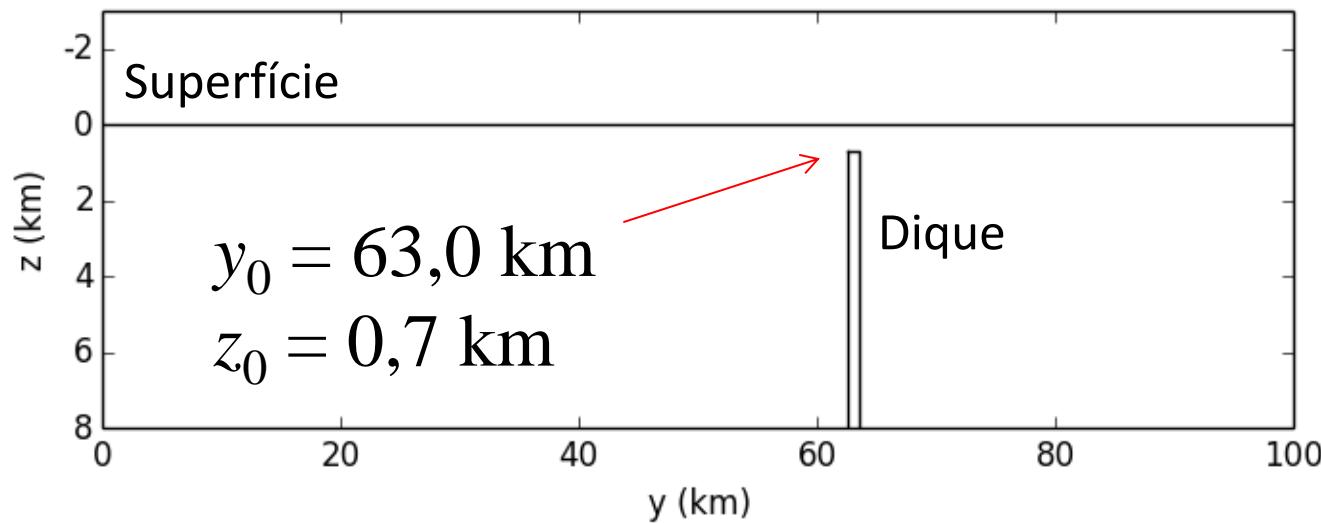
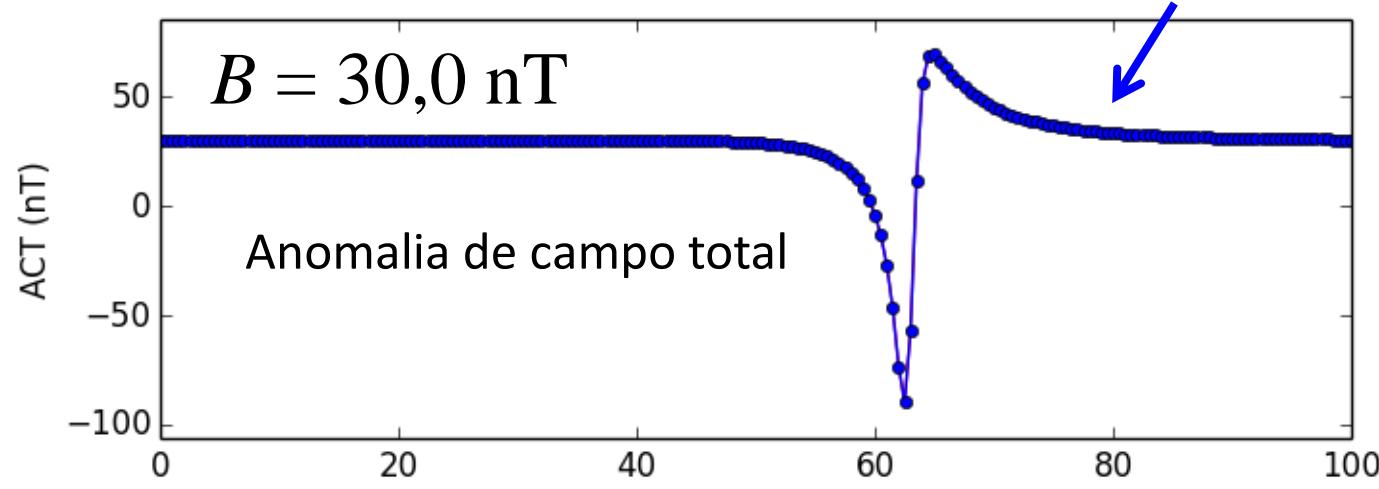


Deconvolução de Euler



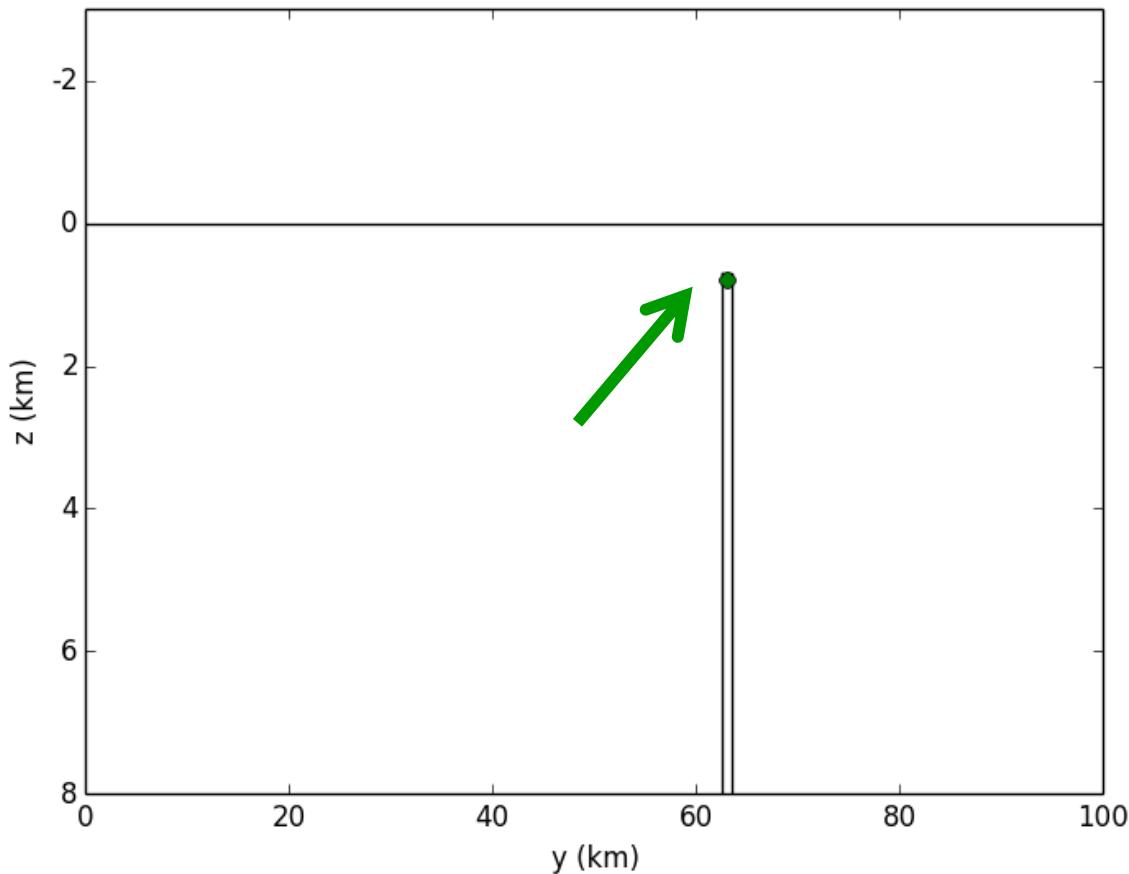
Deconvolução de Euler

1 janela com todos os dados



Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

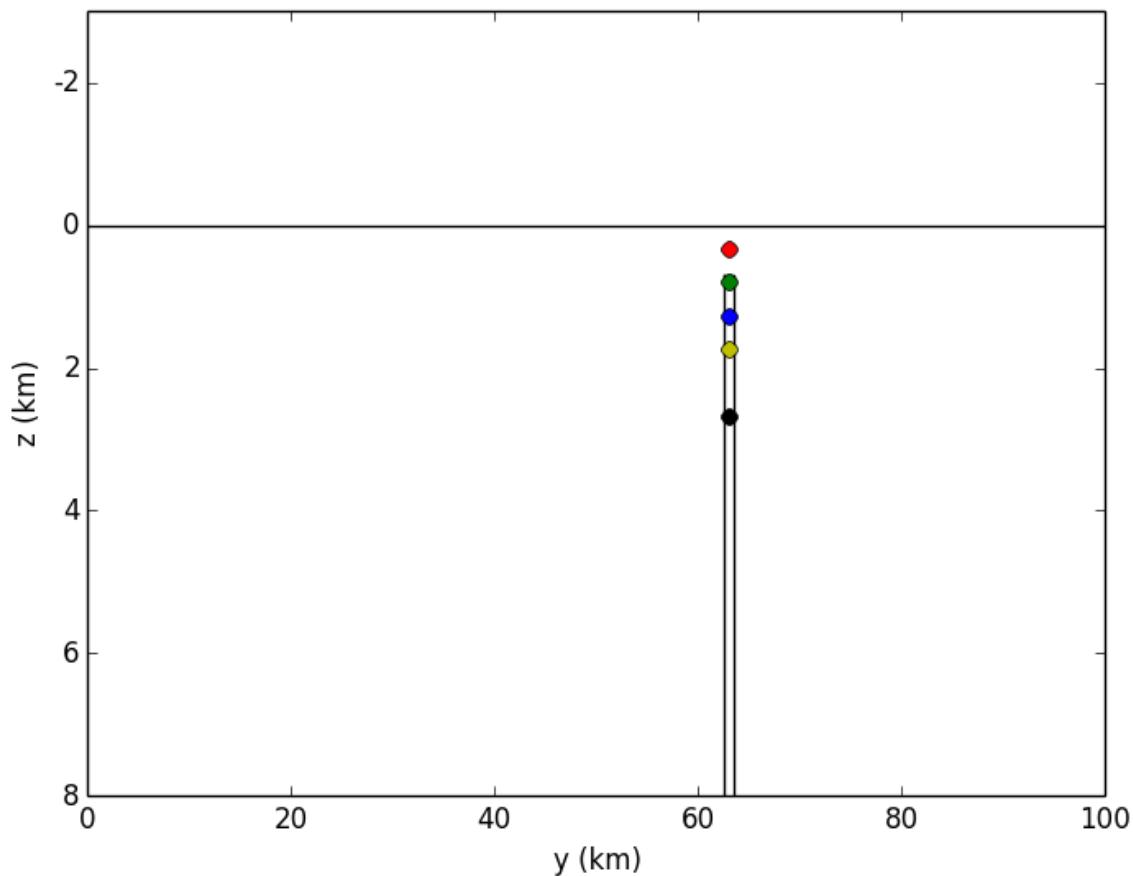


Índice estrutural
correto

$$\eta = 1$$

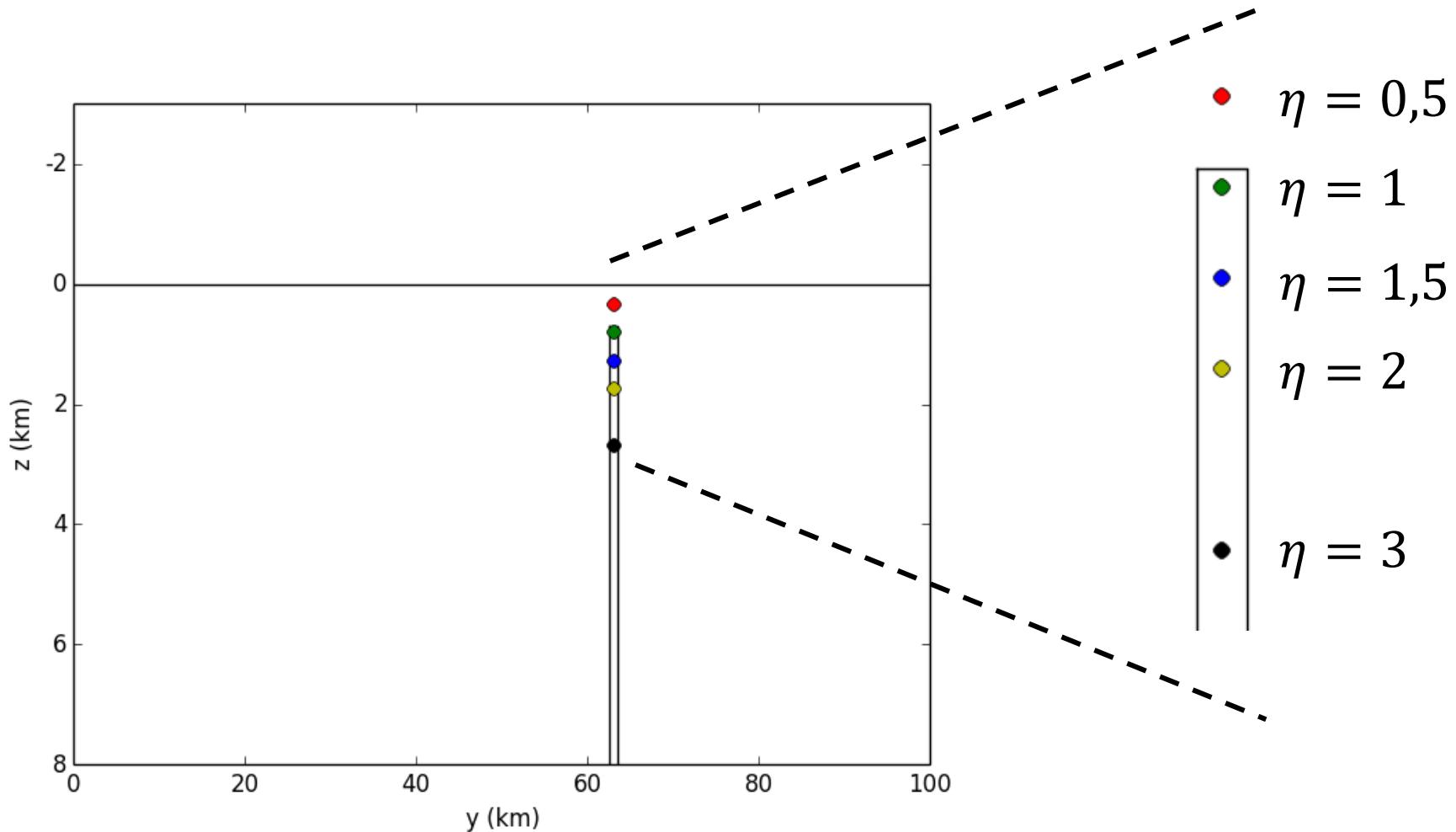
Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



Deconvolução de Euler

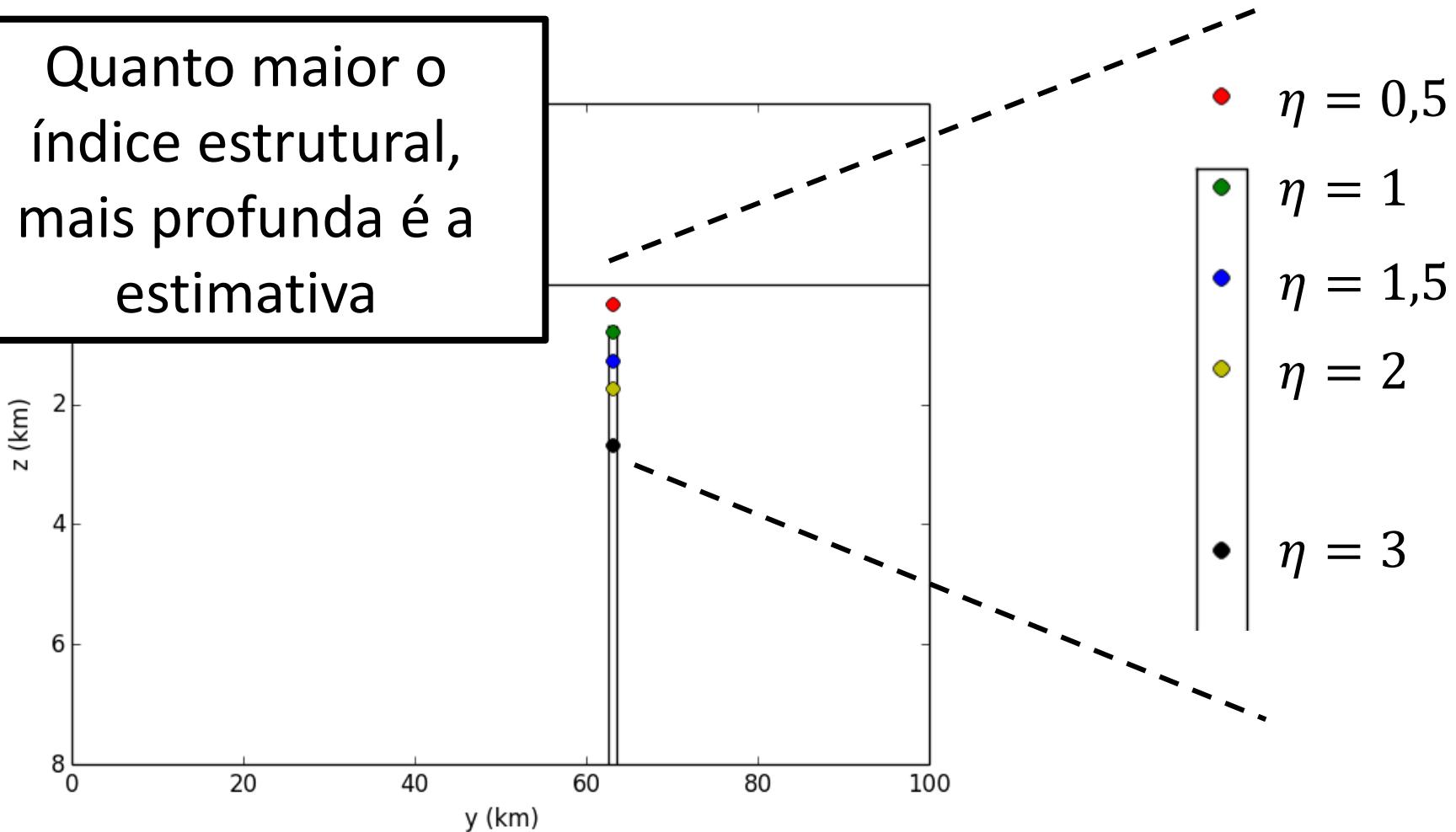
Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

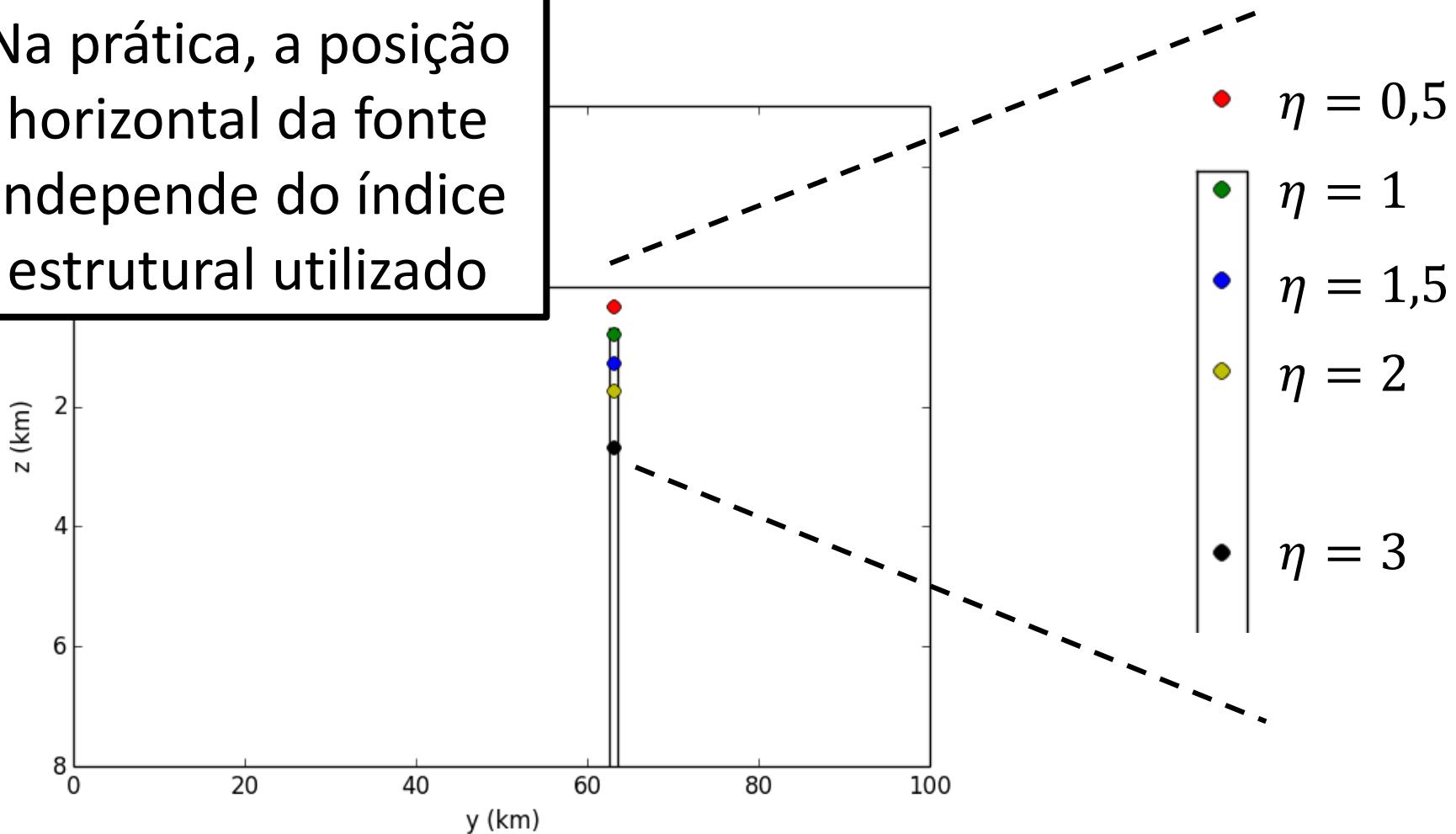
Quanto maior o índice estrutural, mais profunda é a estimativa



Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

Na prática, a posição horizontal da fonte independe do índice estrutural utilizado

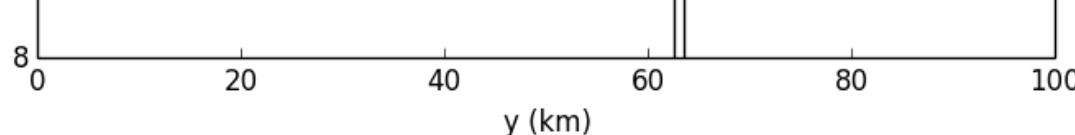


Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados

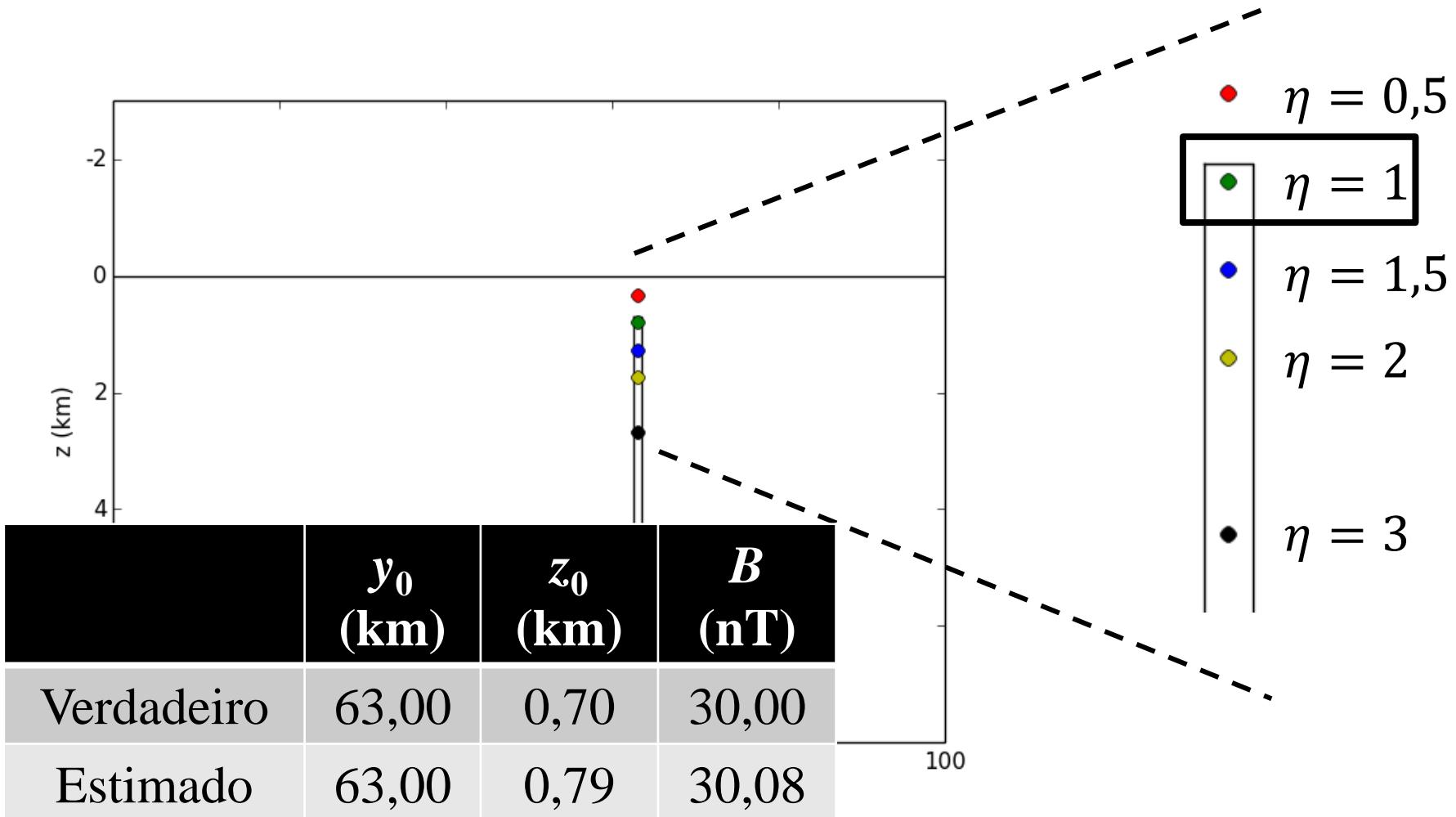
Na prática, a posição horizontal da fonte independe do índice estrutural utilizado

Já a posição vertical depende da escolha do índice estrutural verdadeiro

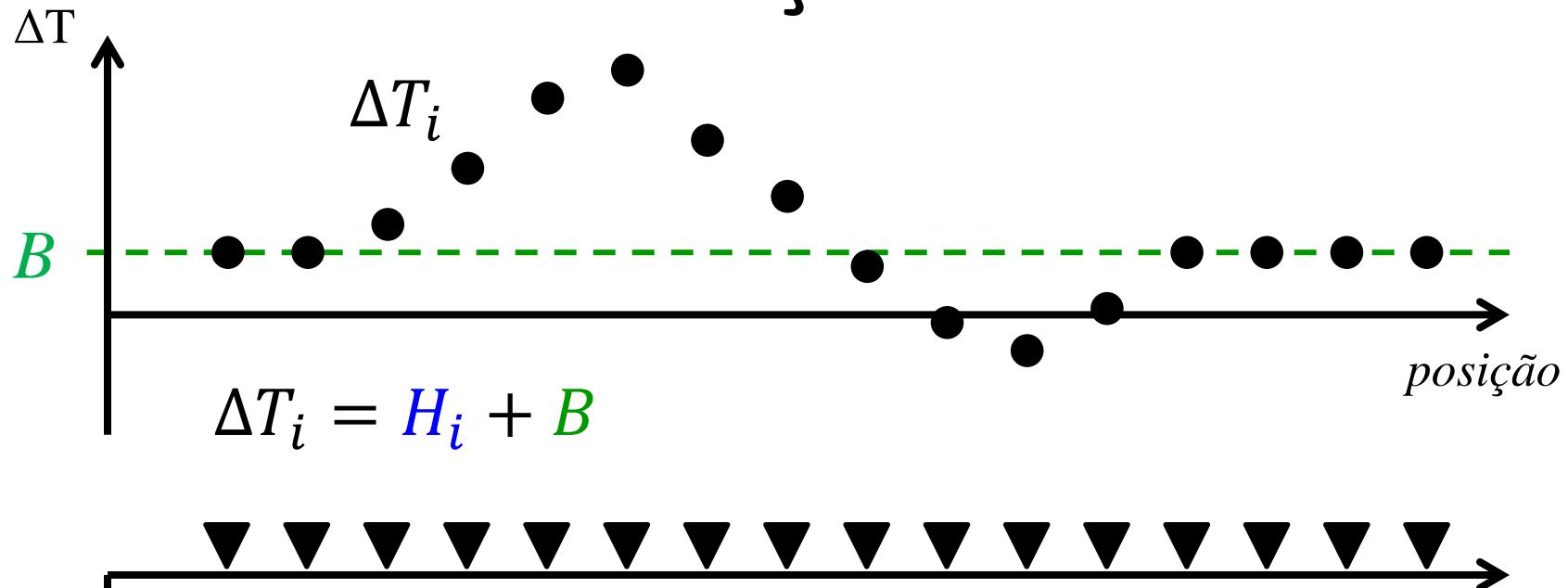


Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



Deconvolução de Euler



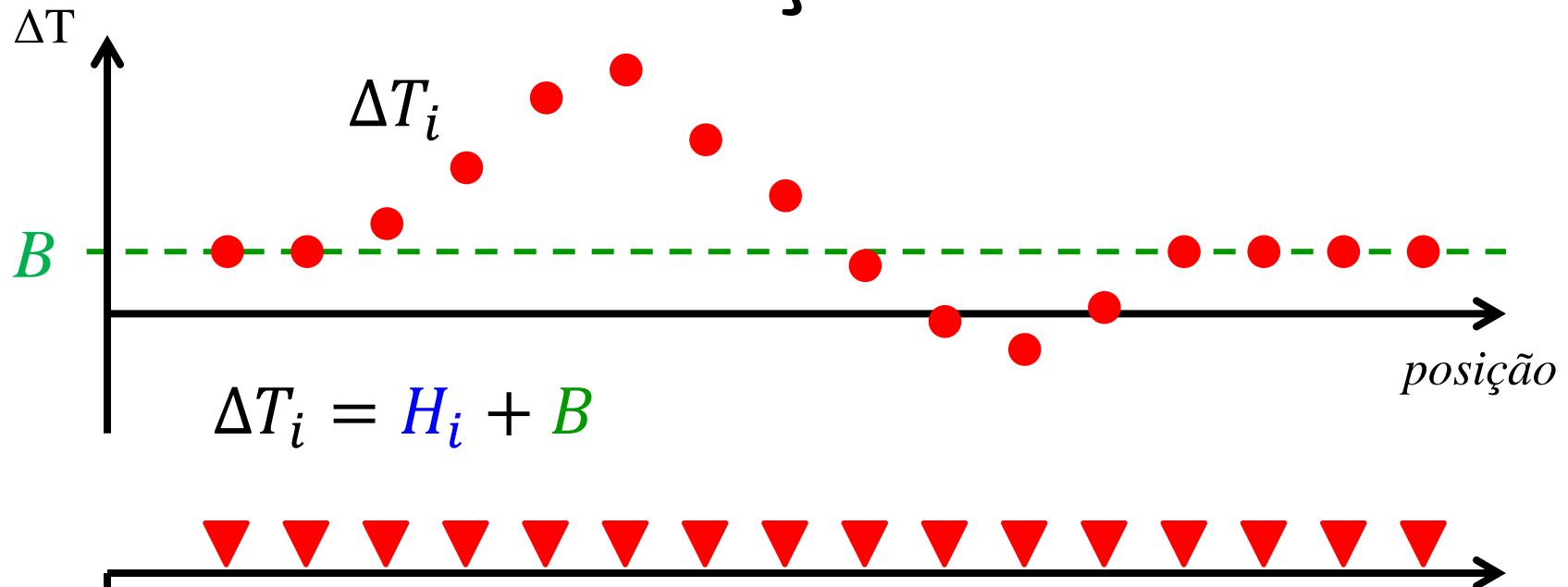
De volta aos nossos
dados

Posição do topo
(y_0, z_0)

z

y

Deconvolução de Euler



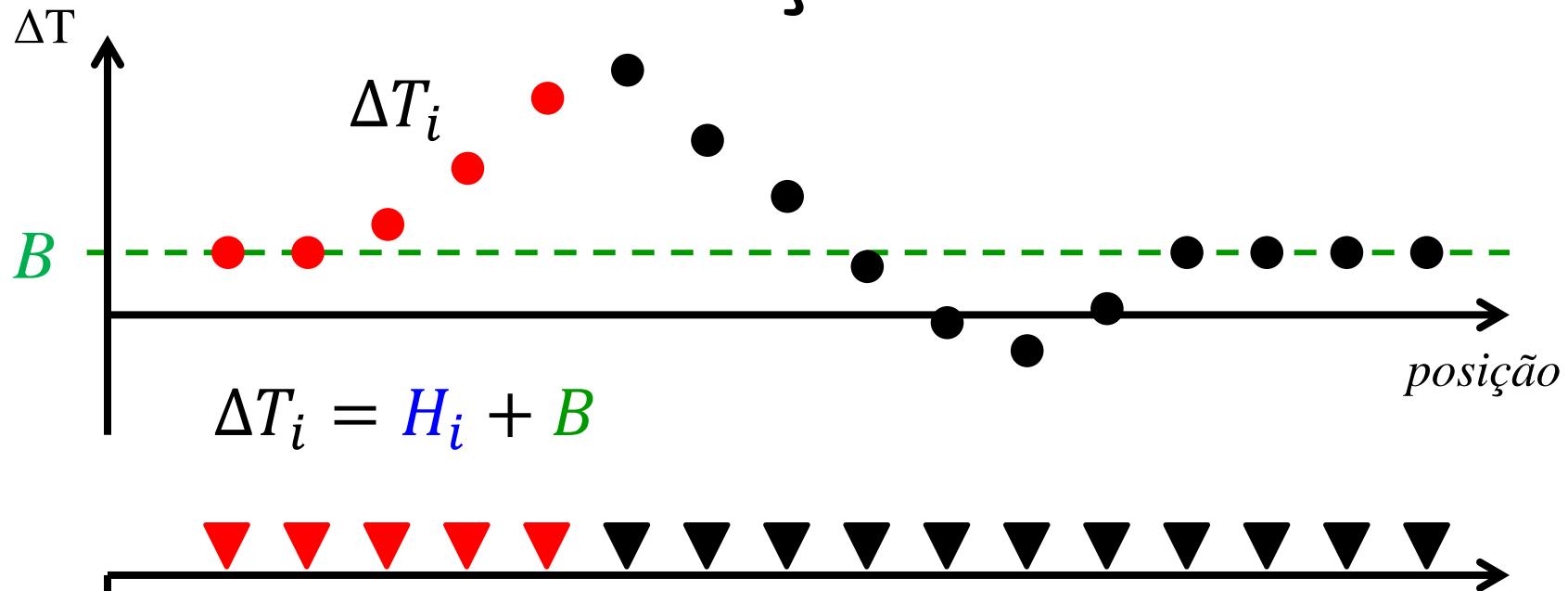
Ao invés de utilizar
todos os dados...

Posição do topo
(y_0, z_0)

z

y

Deconvolução de Euler

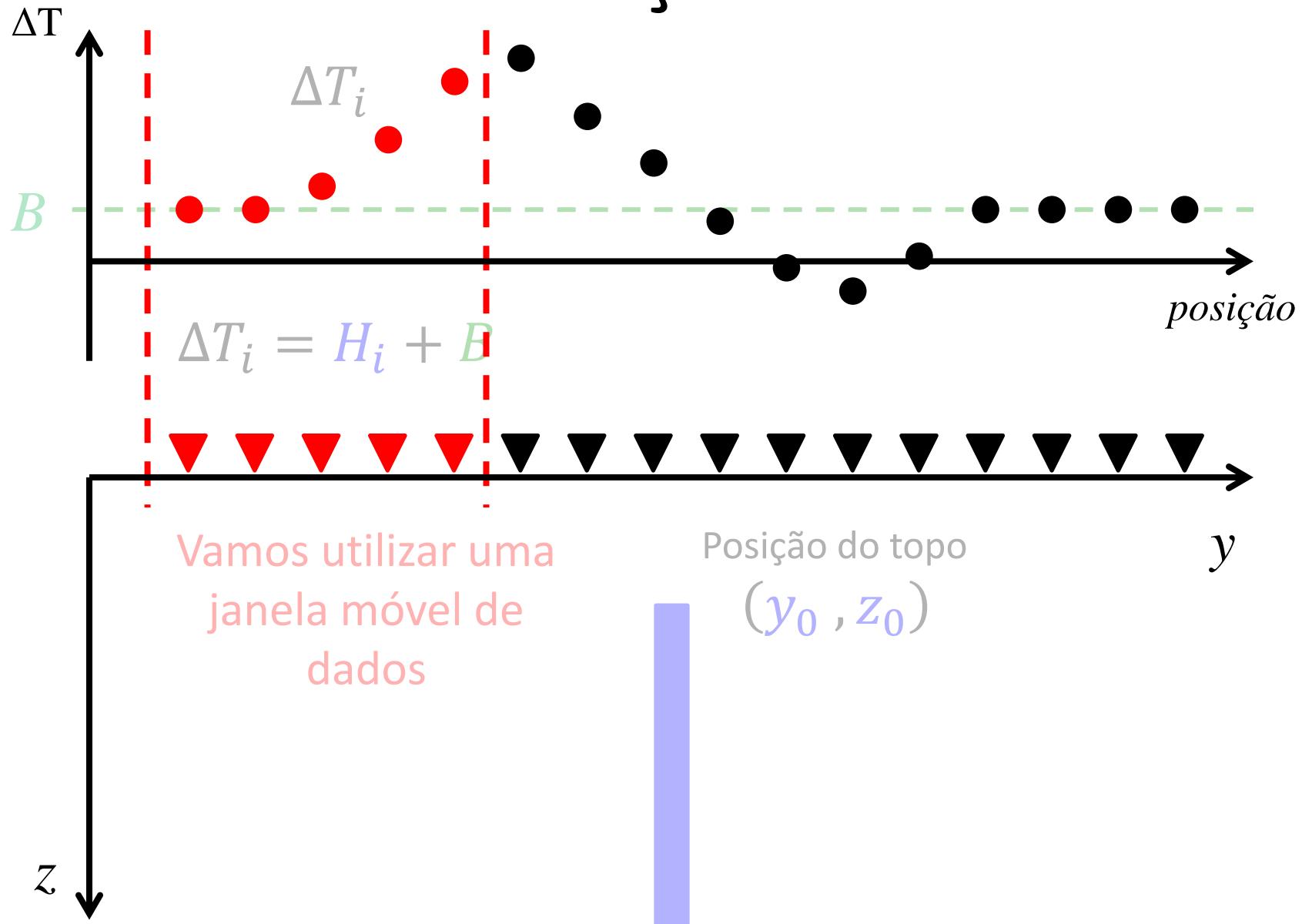


Vamos utilizar uma
janela móvel de
dados

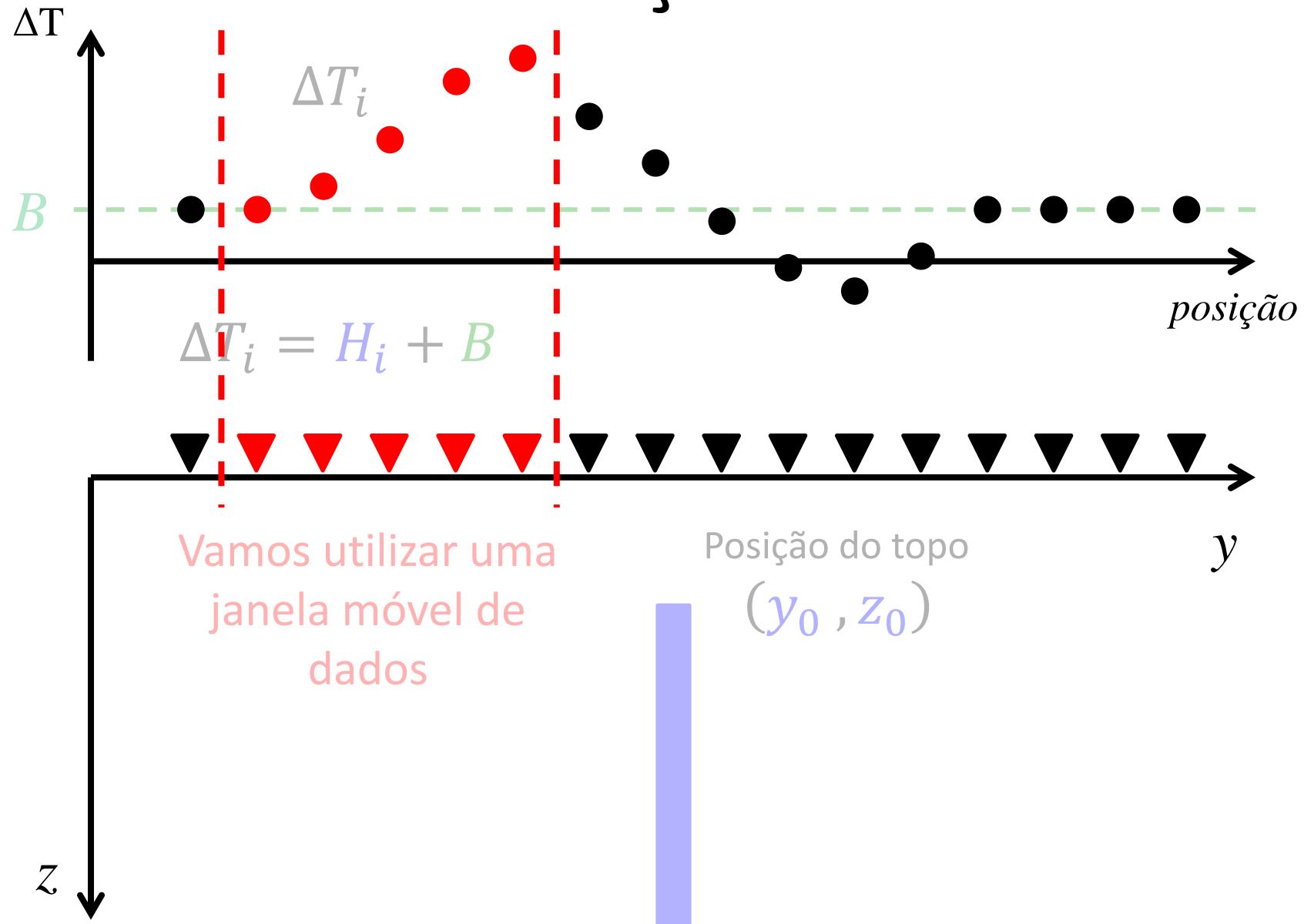
Posição do topo
(y_0, z_0)

z

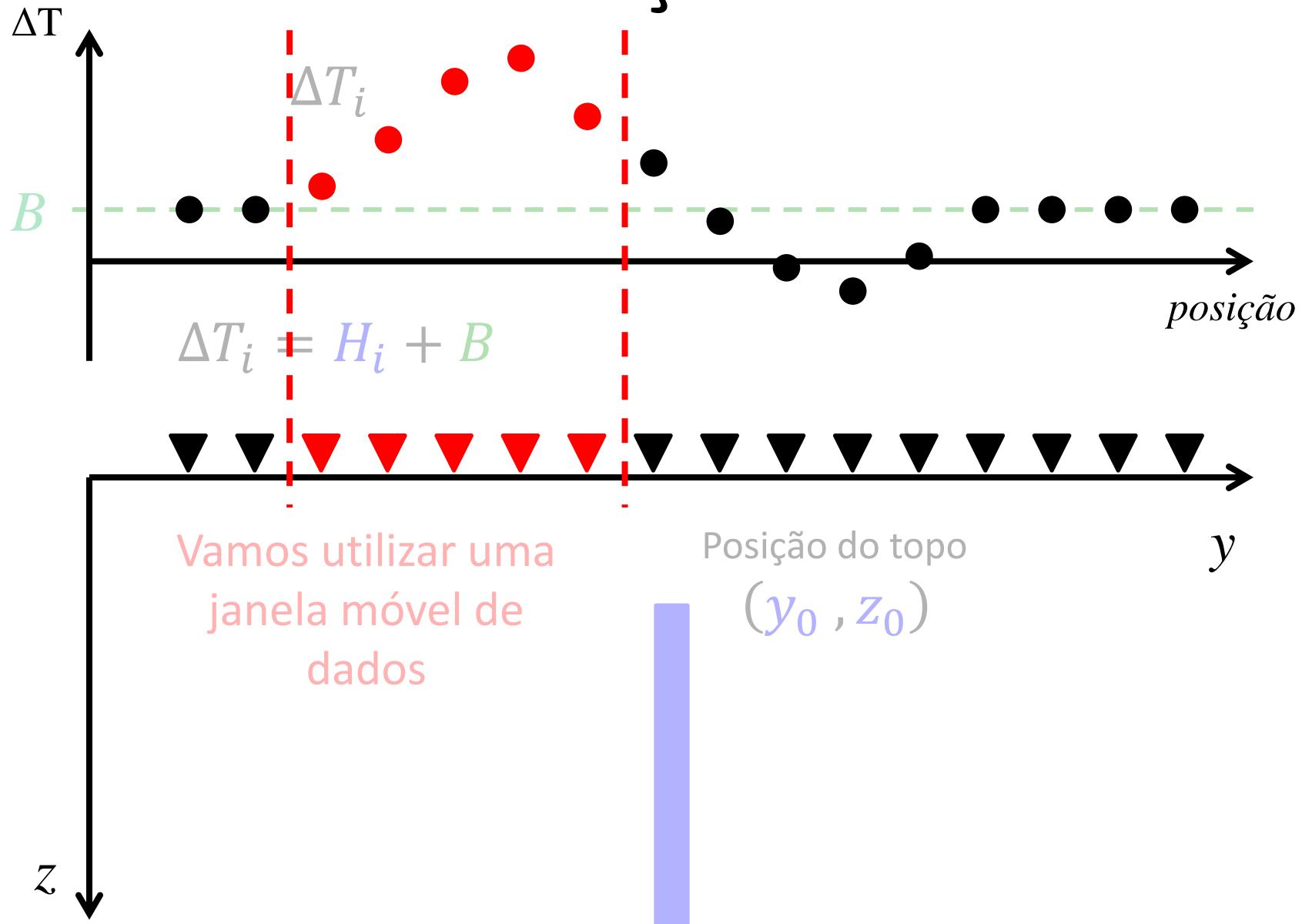
Deconvolução de Euler



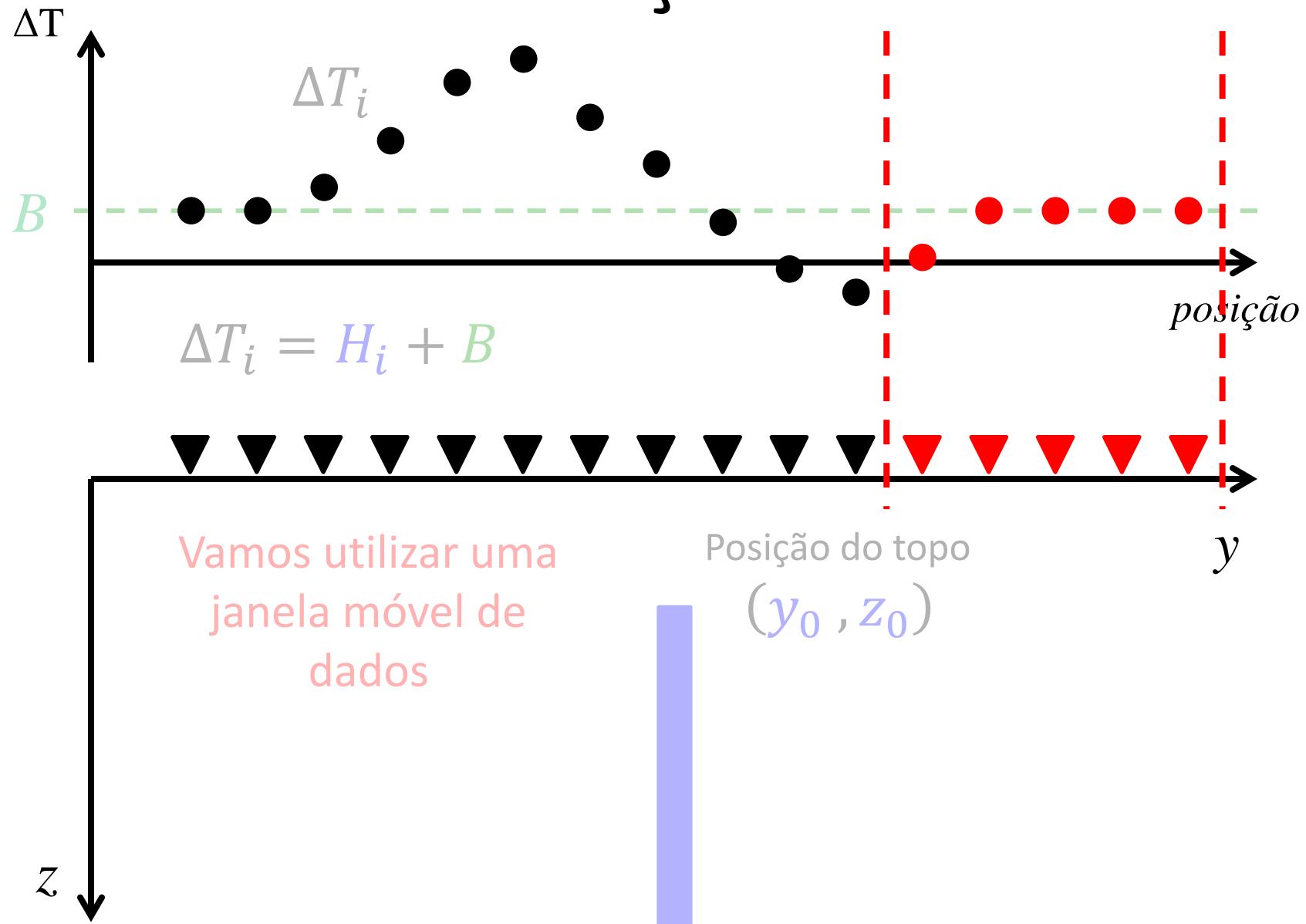
Deconvolução de Euler



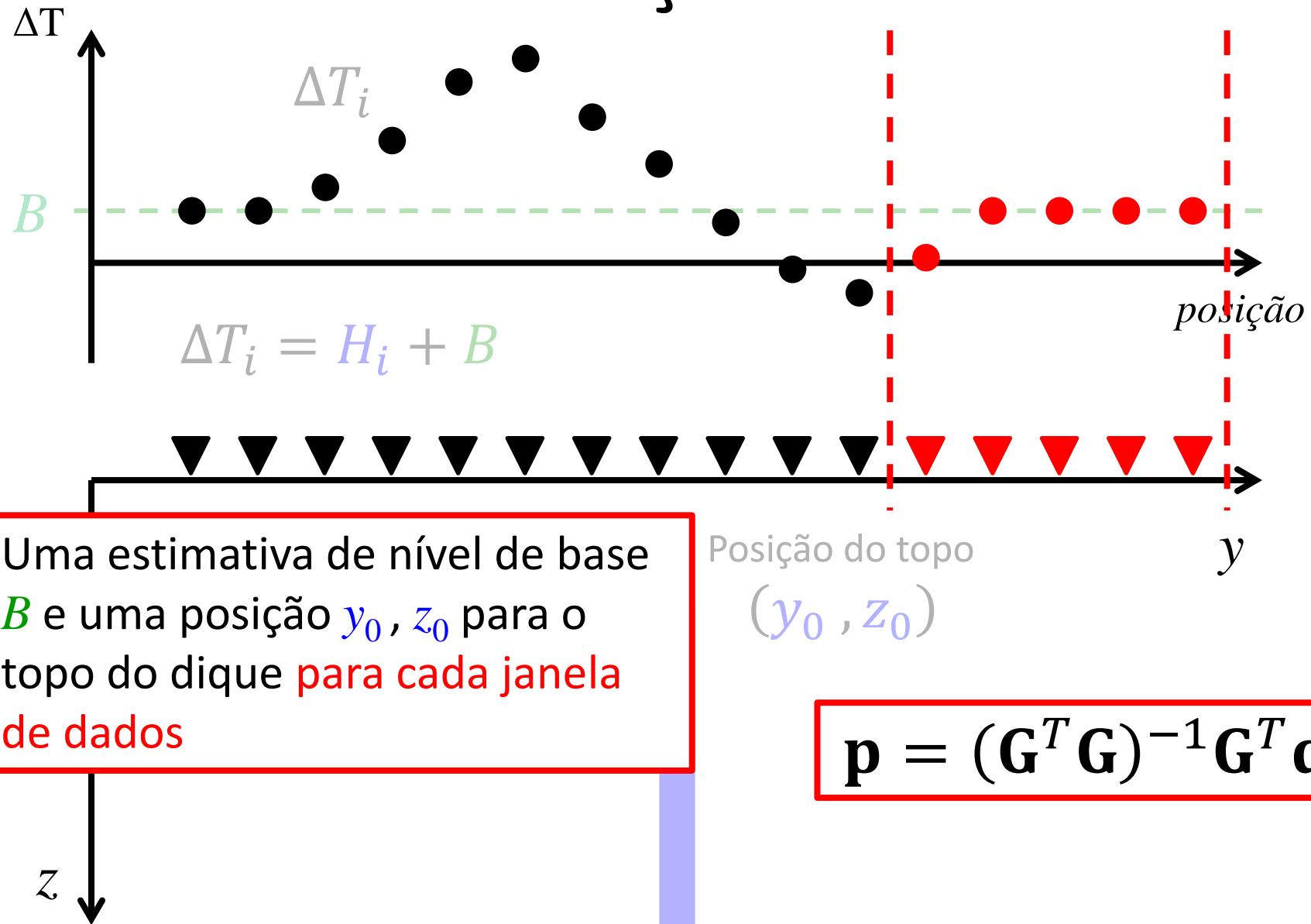
Deconvolução de Euler



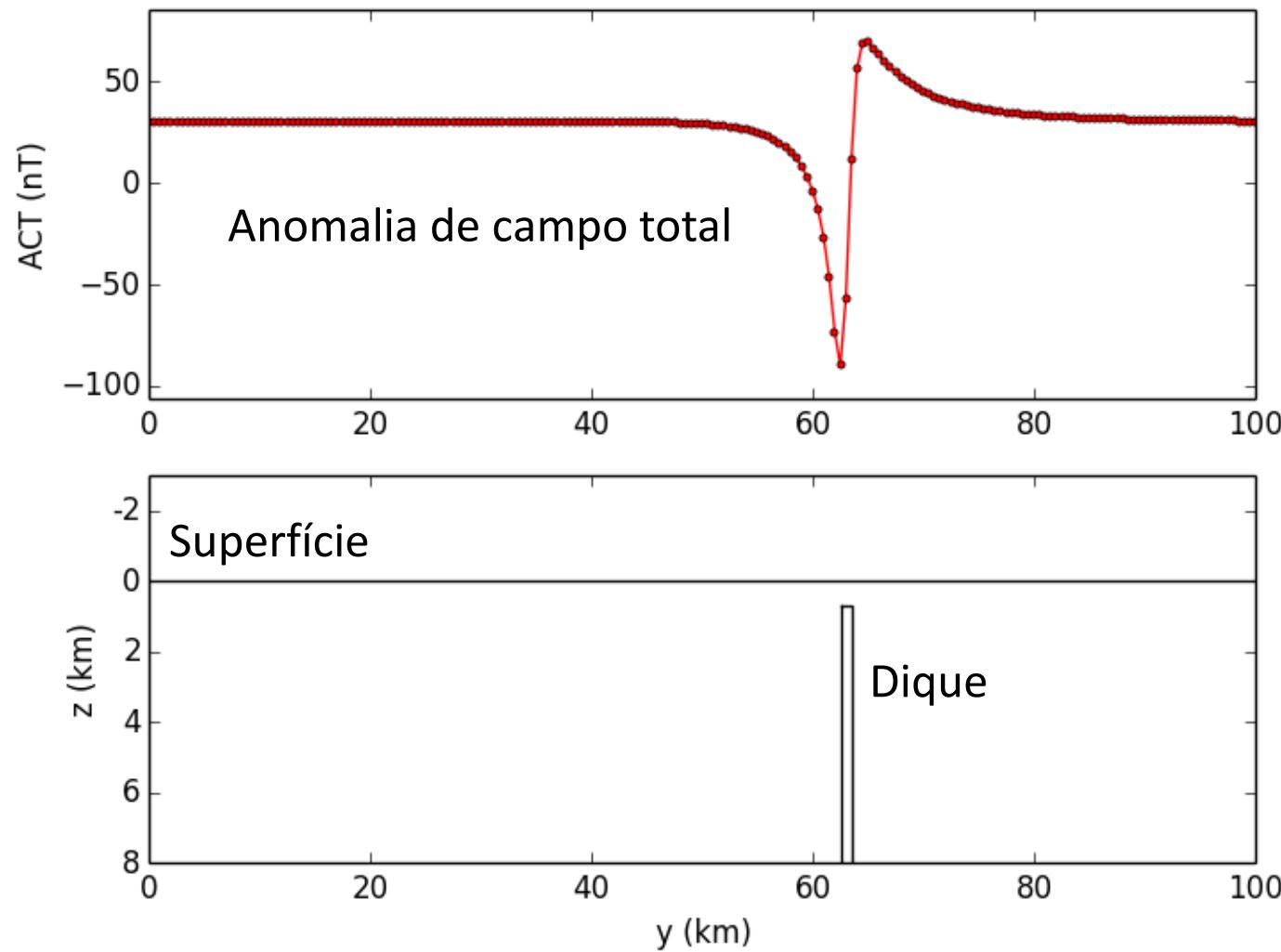
Deconvolução de Euler



Deconvolução de Euler

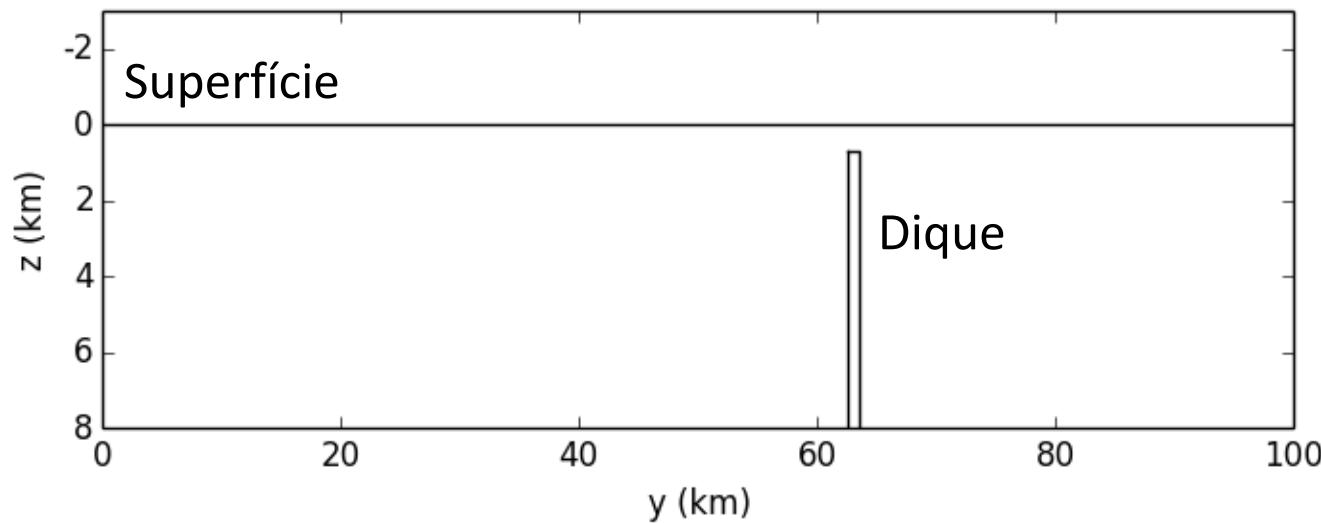
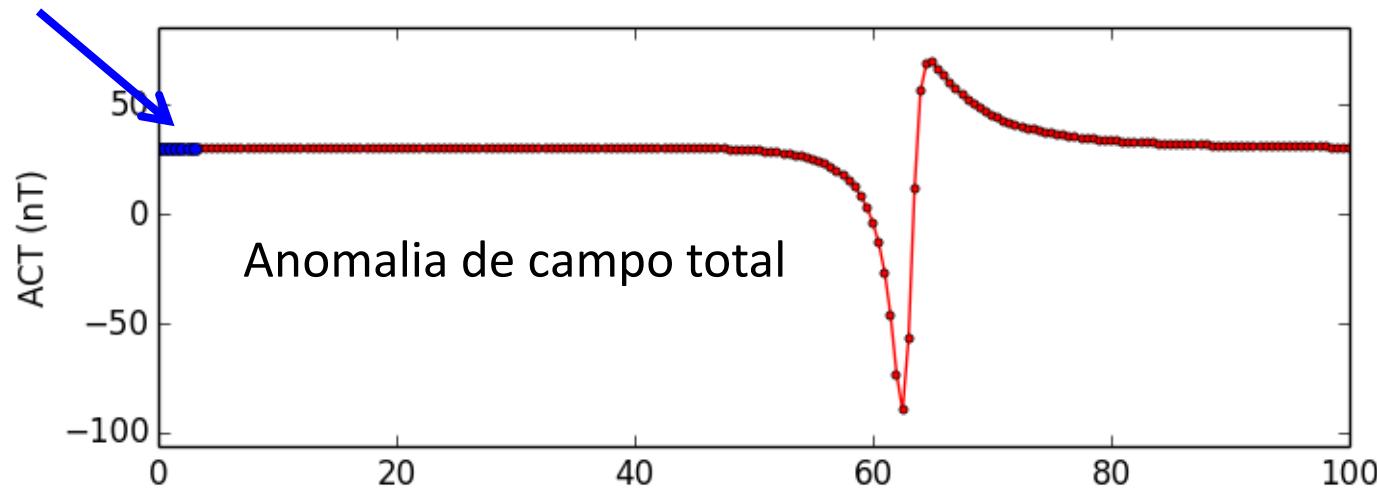


Deconvolução de Euler



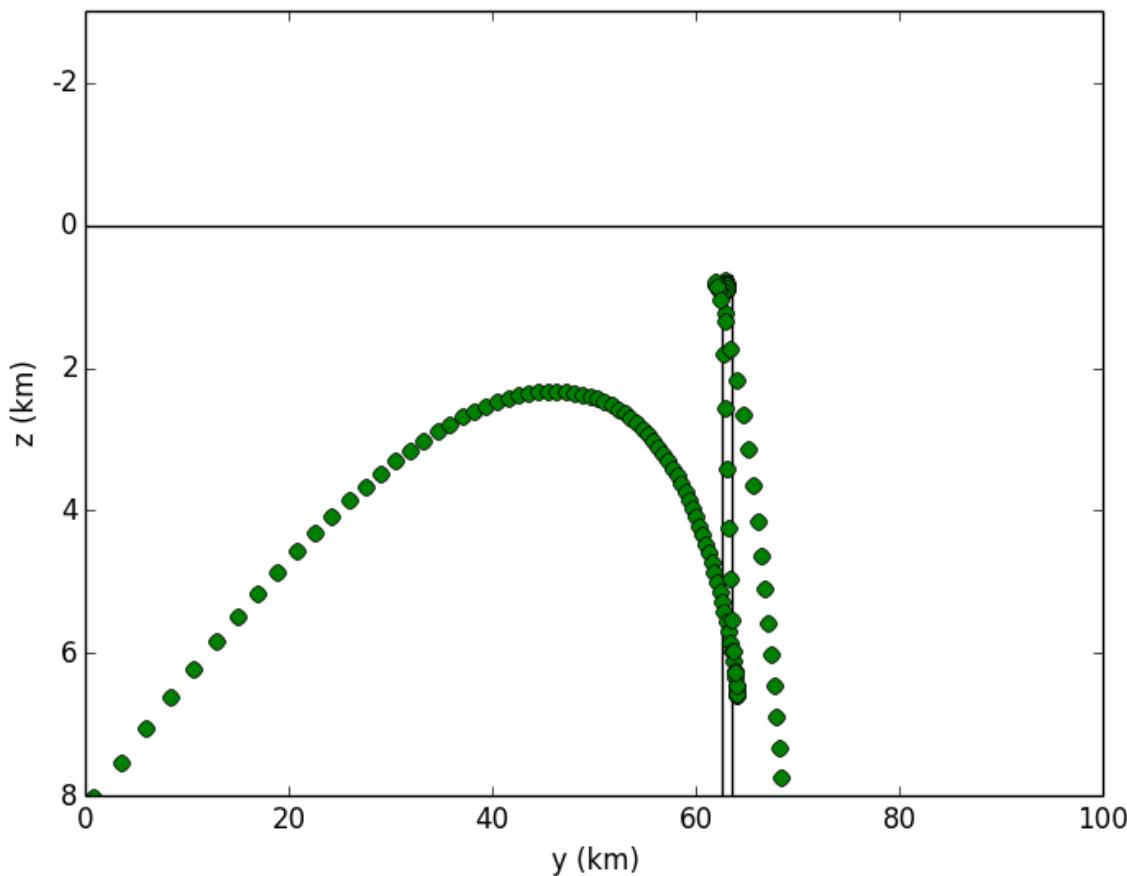
Deconvolução de Euler

Janela de 7 dados



Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados

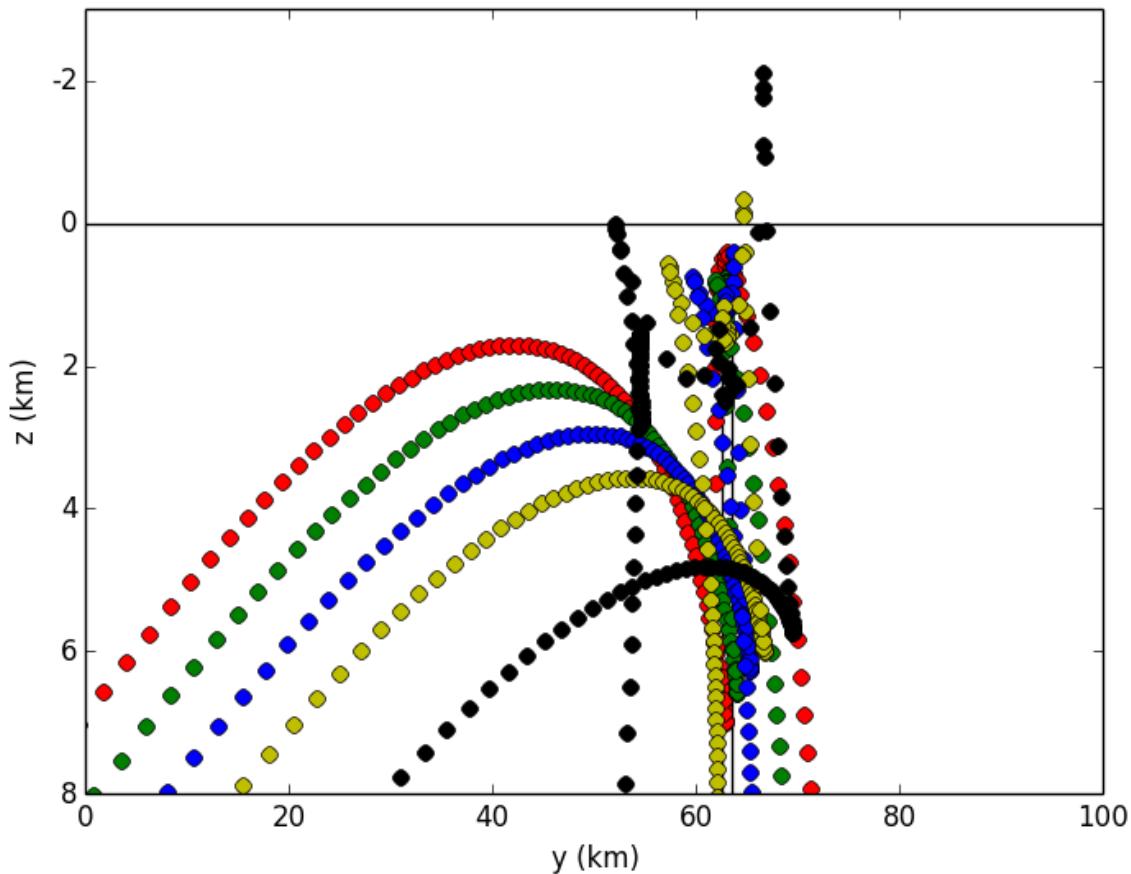


Índice estrutural
correto

$$\eta = 1$$

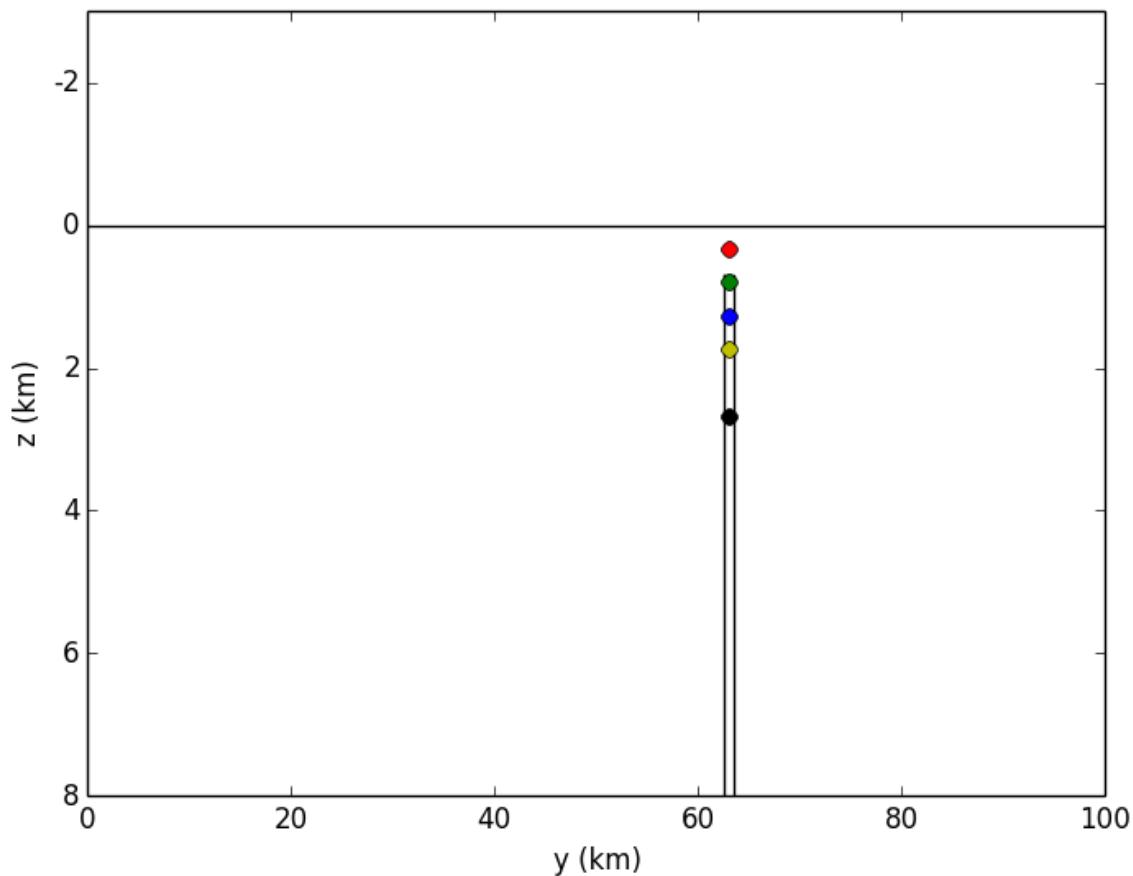
Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



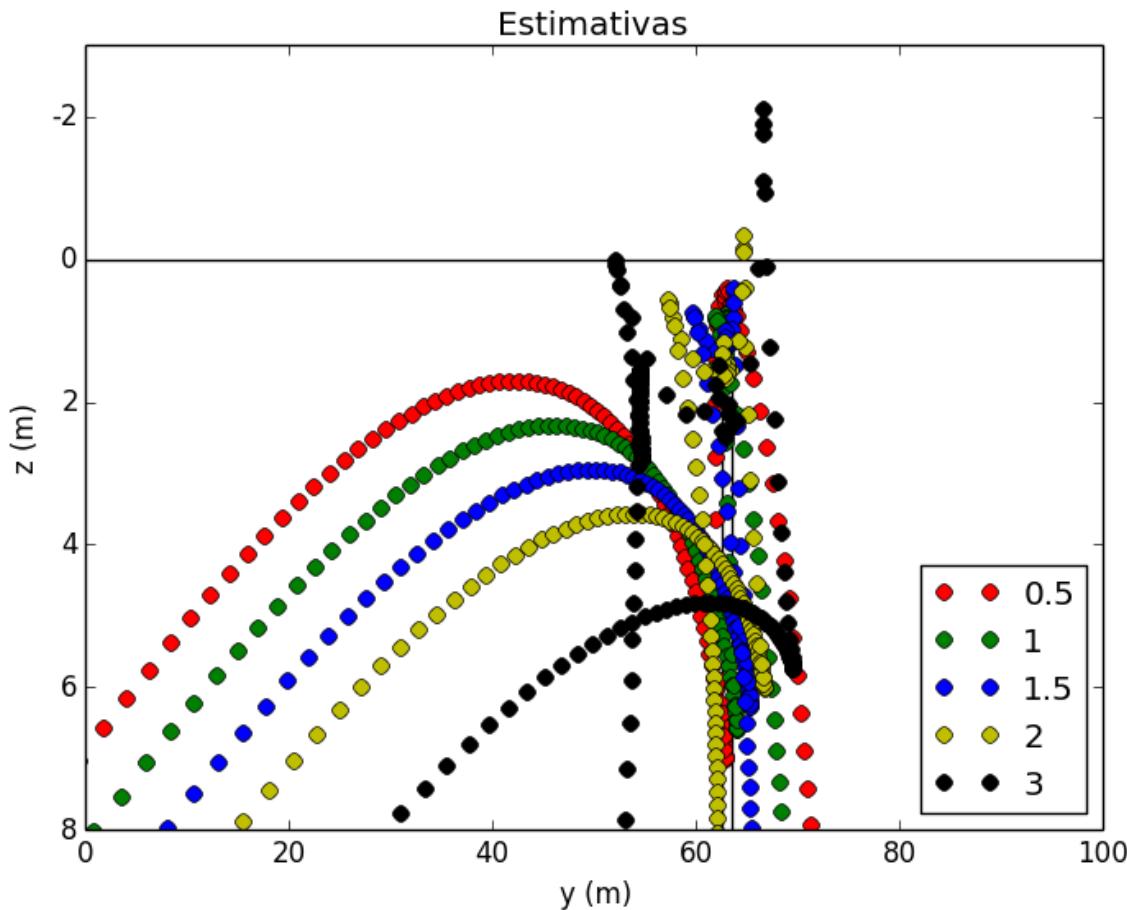
Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e 1 janela de dados



Deconvolução de Euler

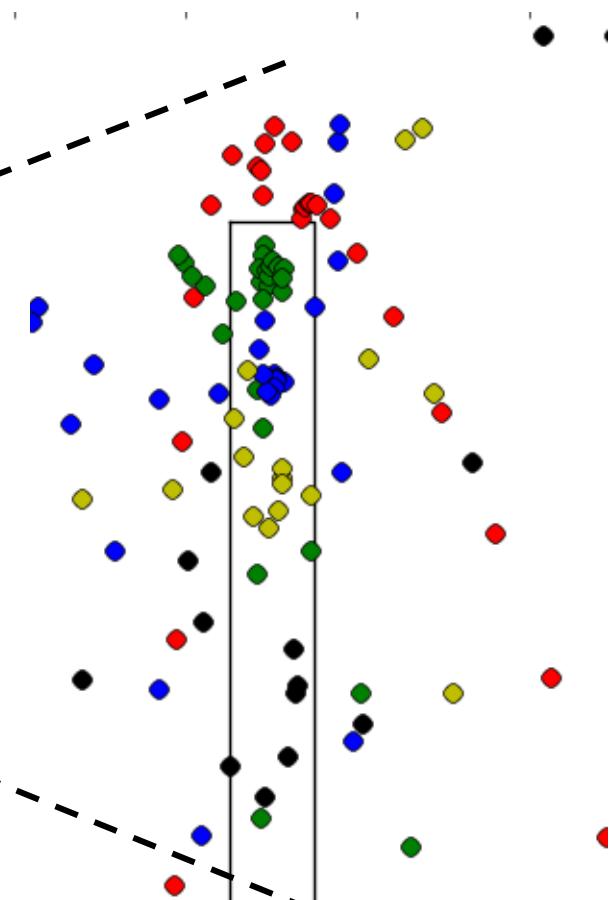
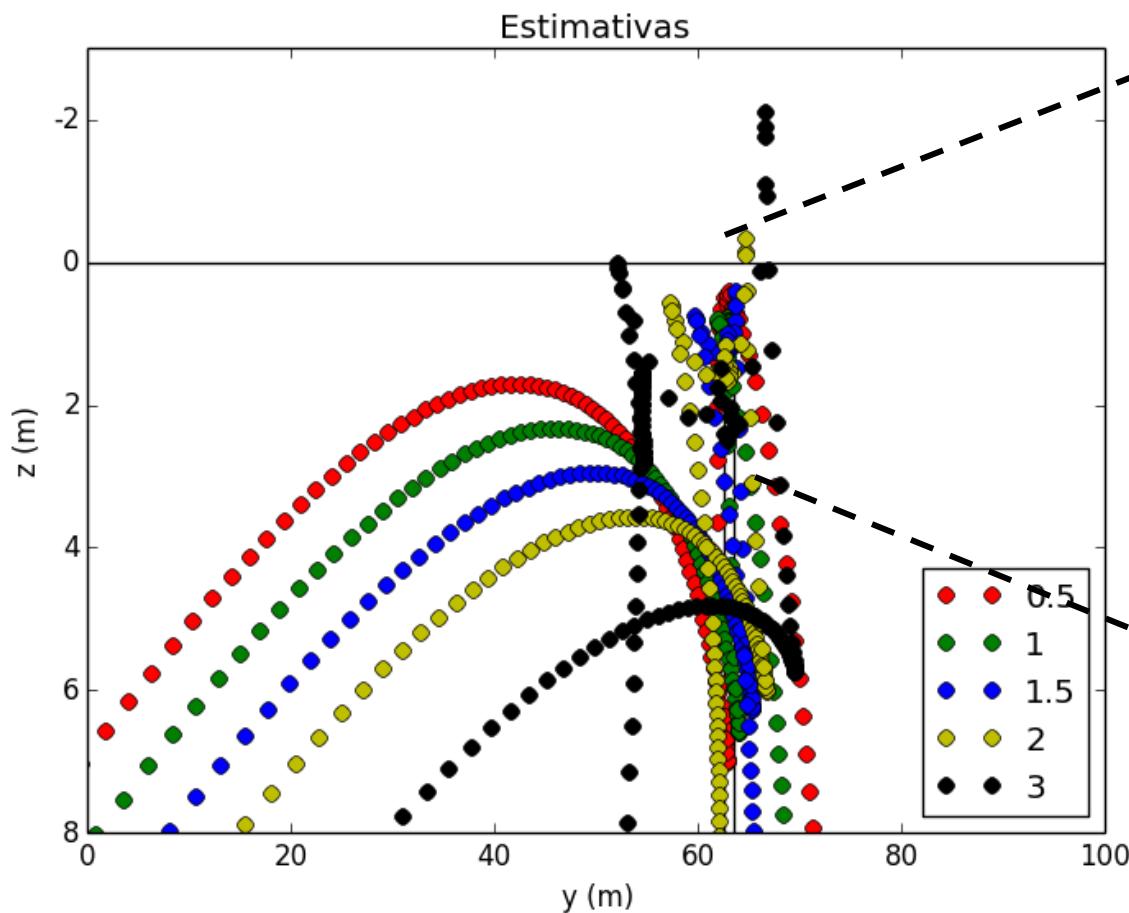
Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



Observe que a
“nuvem de soluções”
não tem relação
direta com a forma
do dique

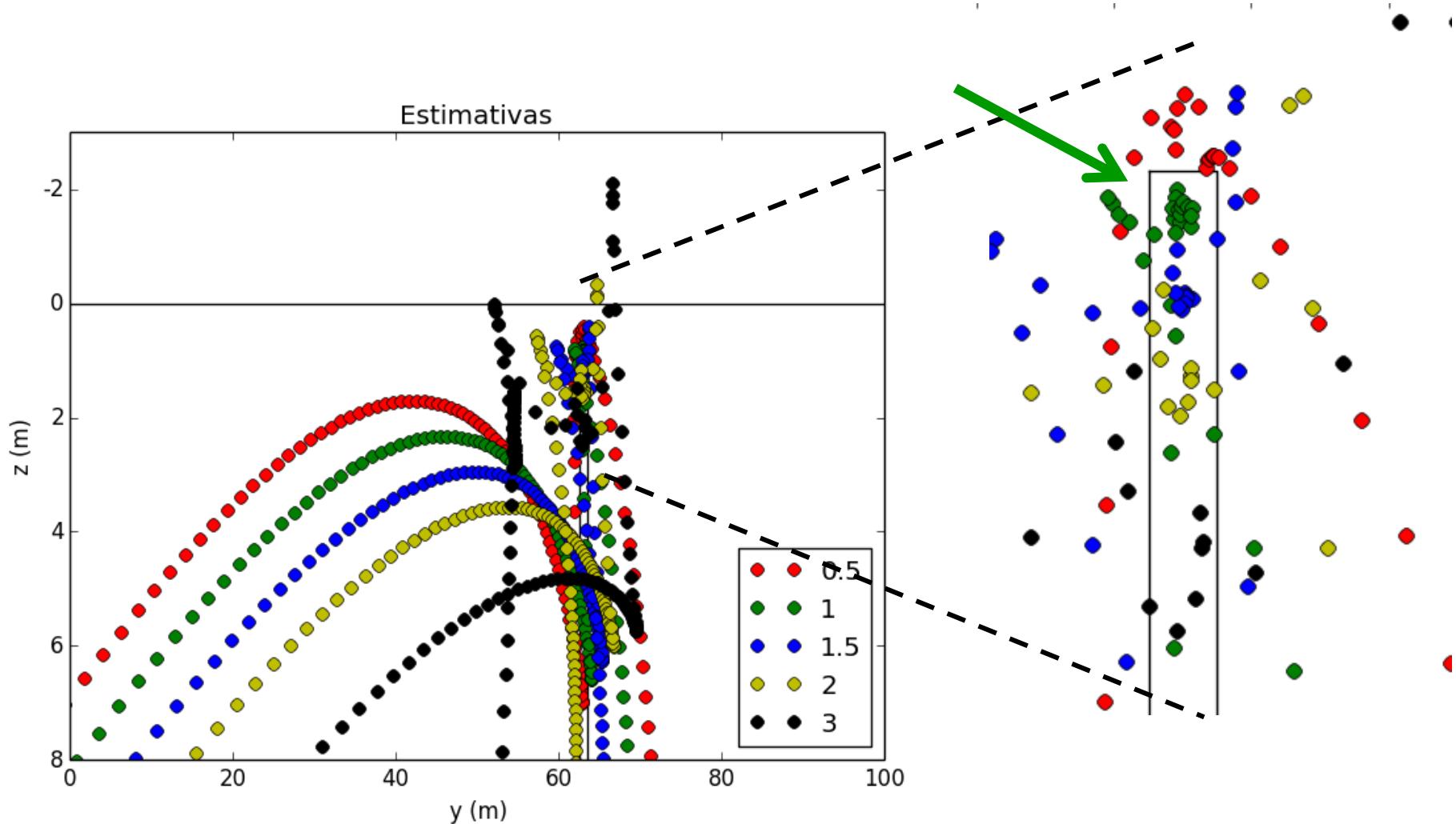
Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



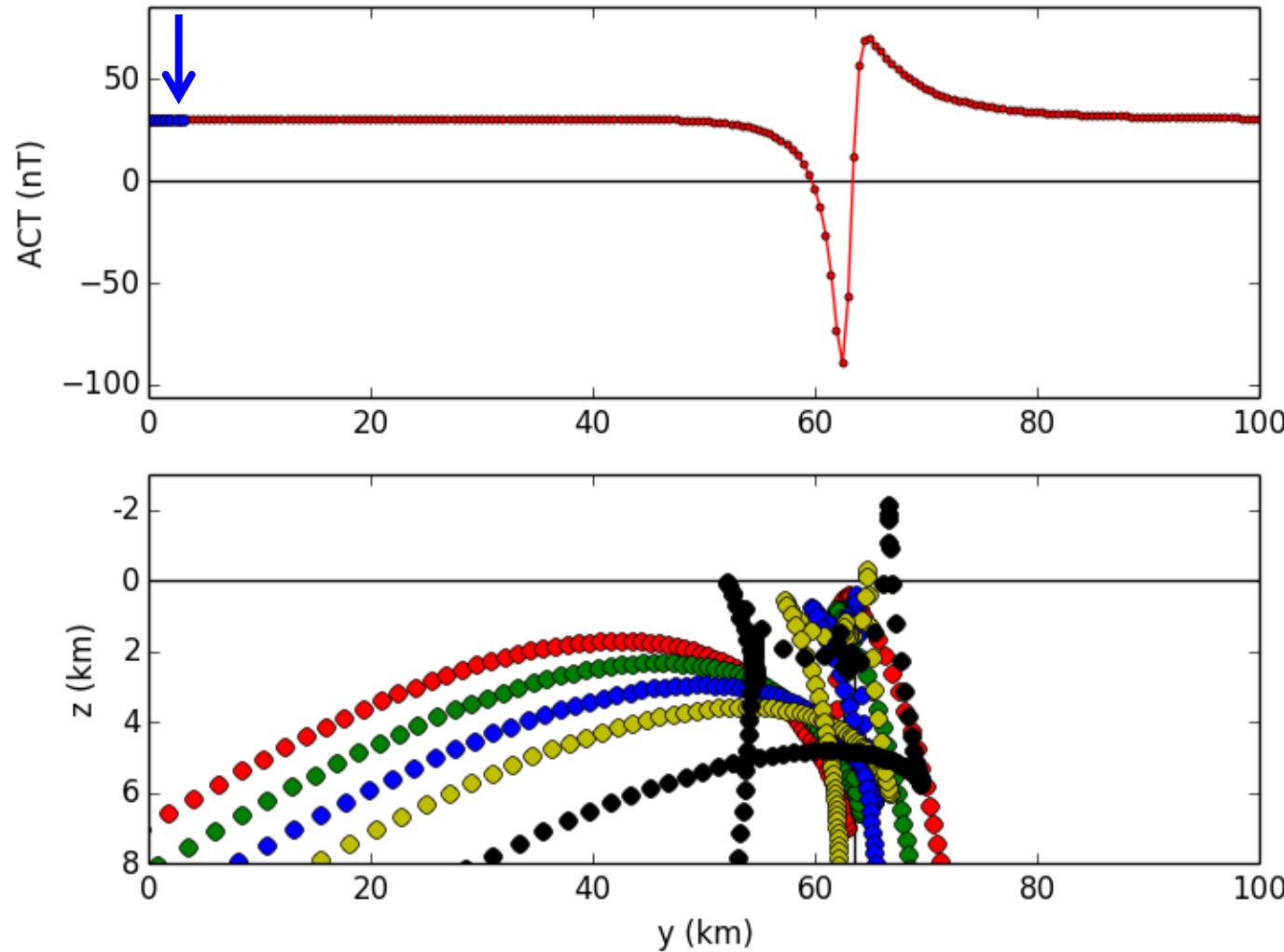
Deconvolução de Euler

Exemplo com 1 dique e janelas de 7 dados



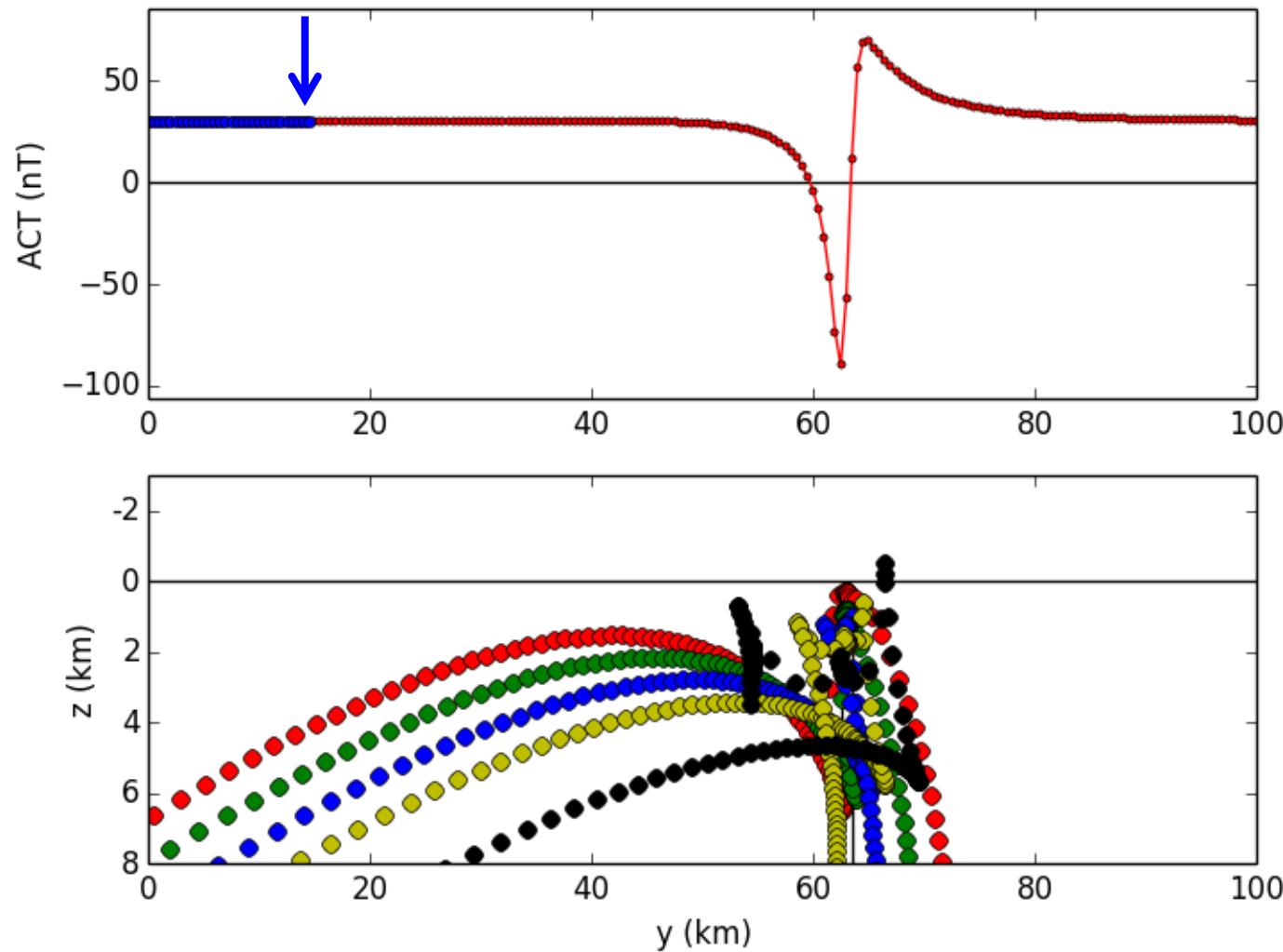
Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



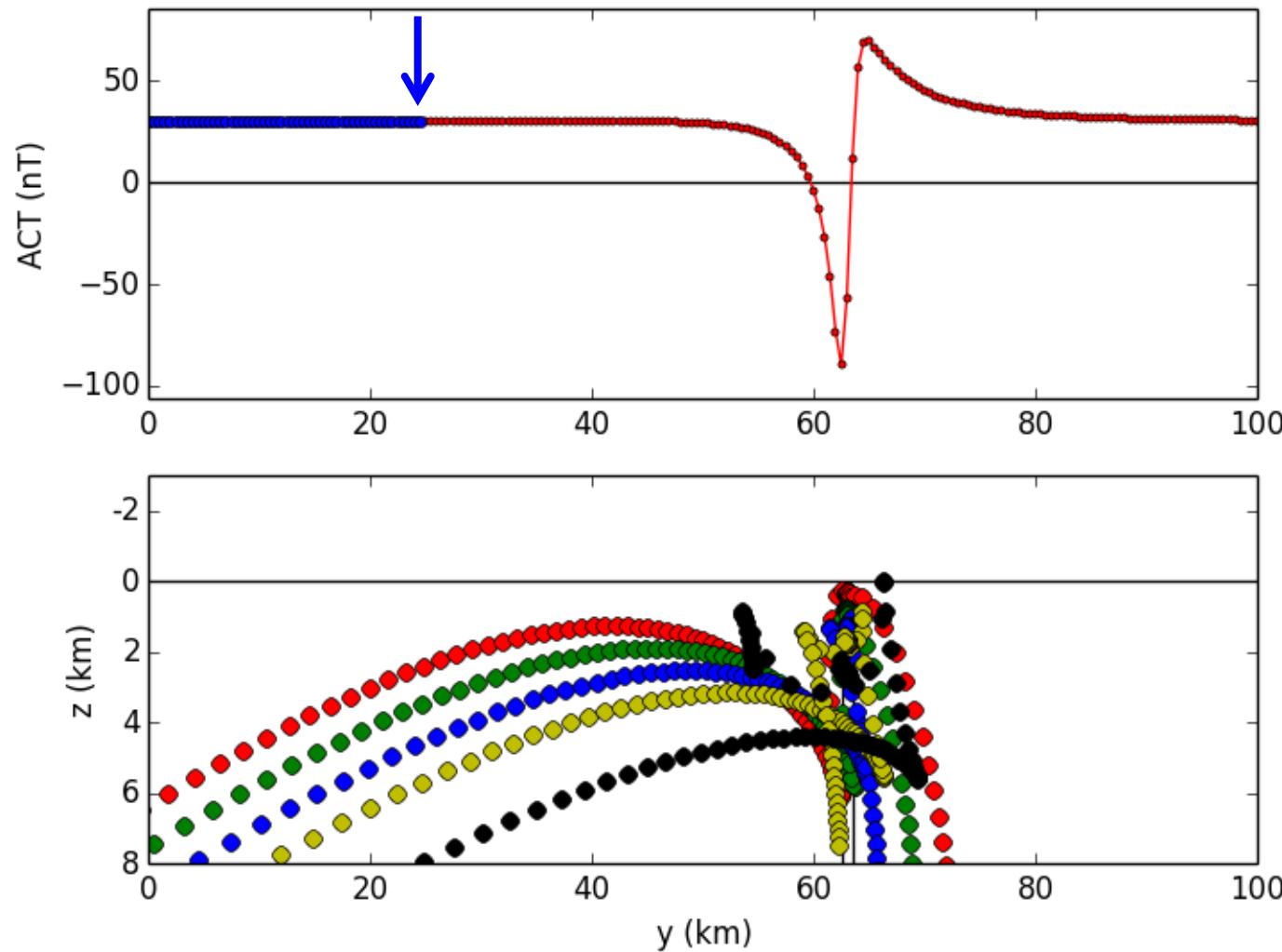
Deconvolução de Euler

Janelas de 30 dados



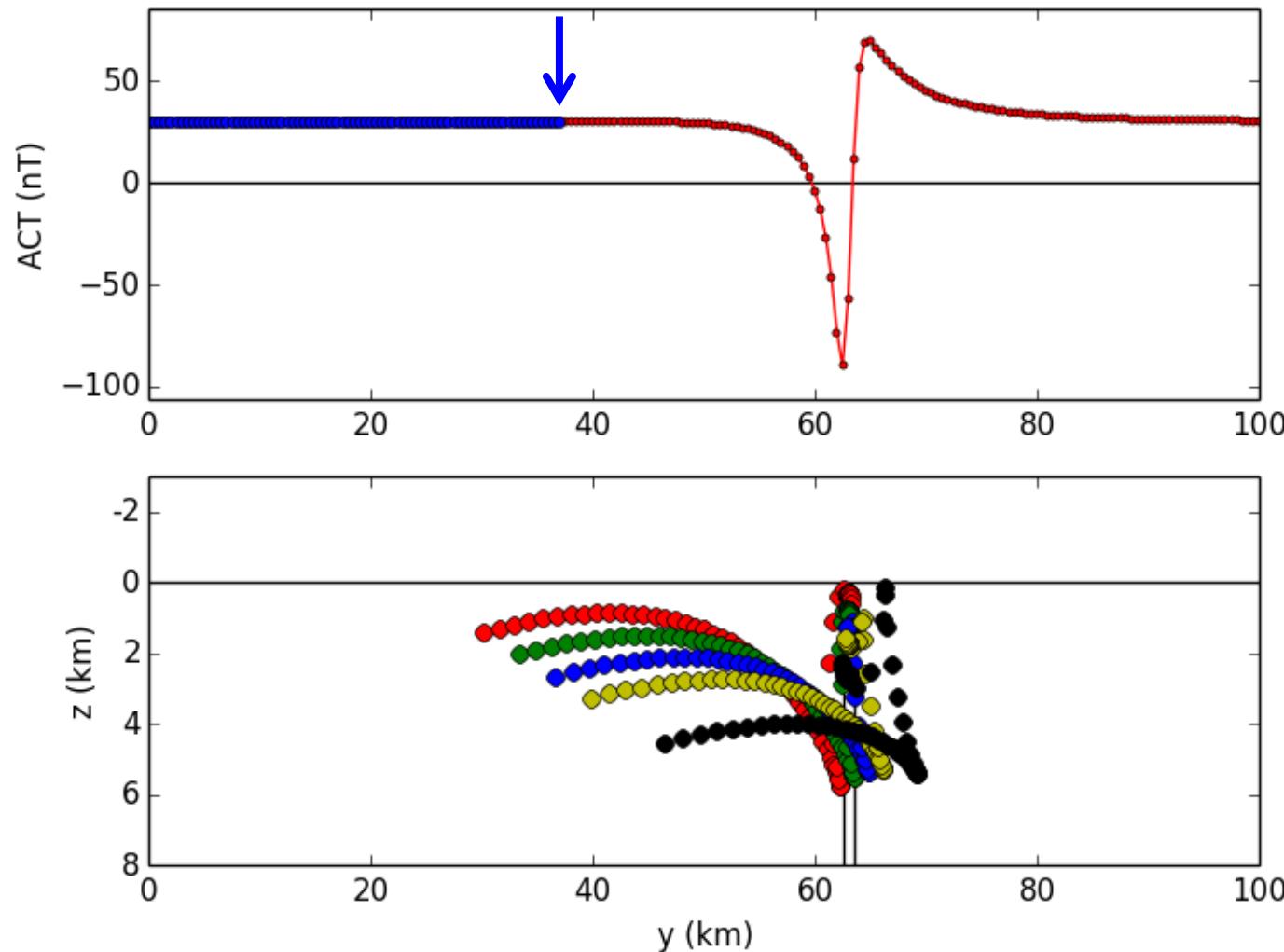
Deconvolução de Euler

Janelas de 50 dados



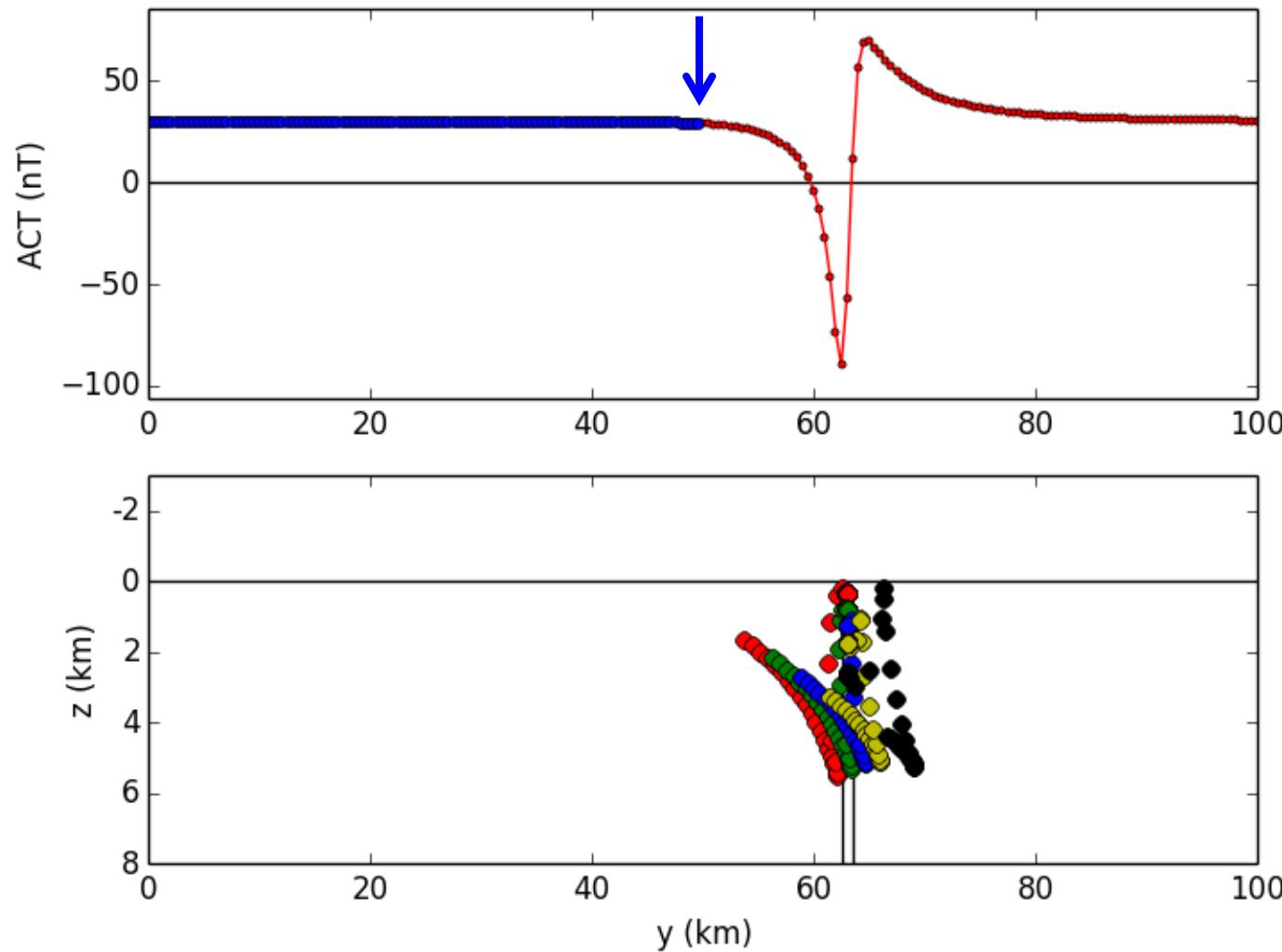
Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados



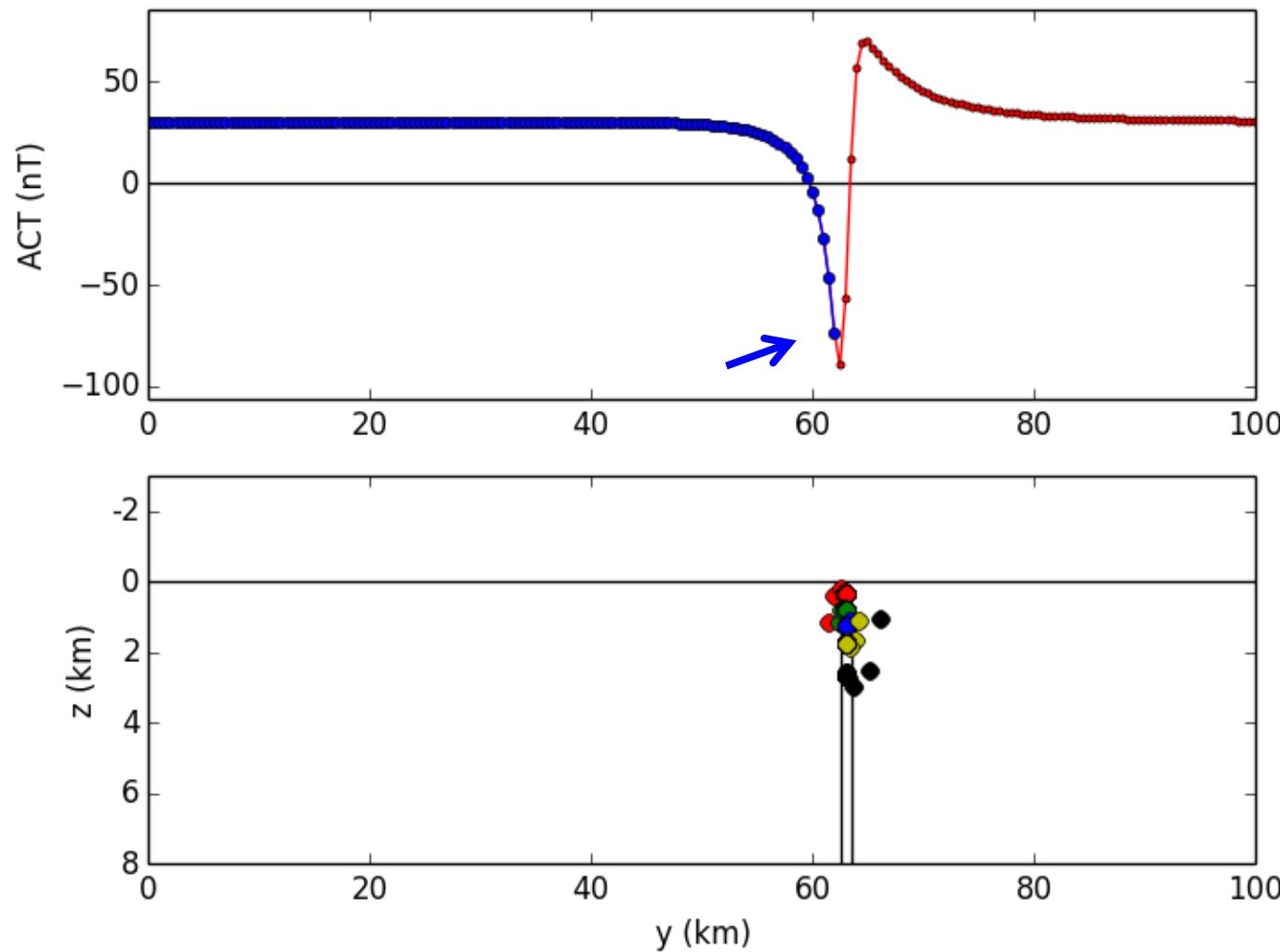
Deconvolução de Euler

Janelas de 100 dados



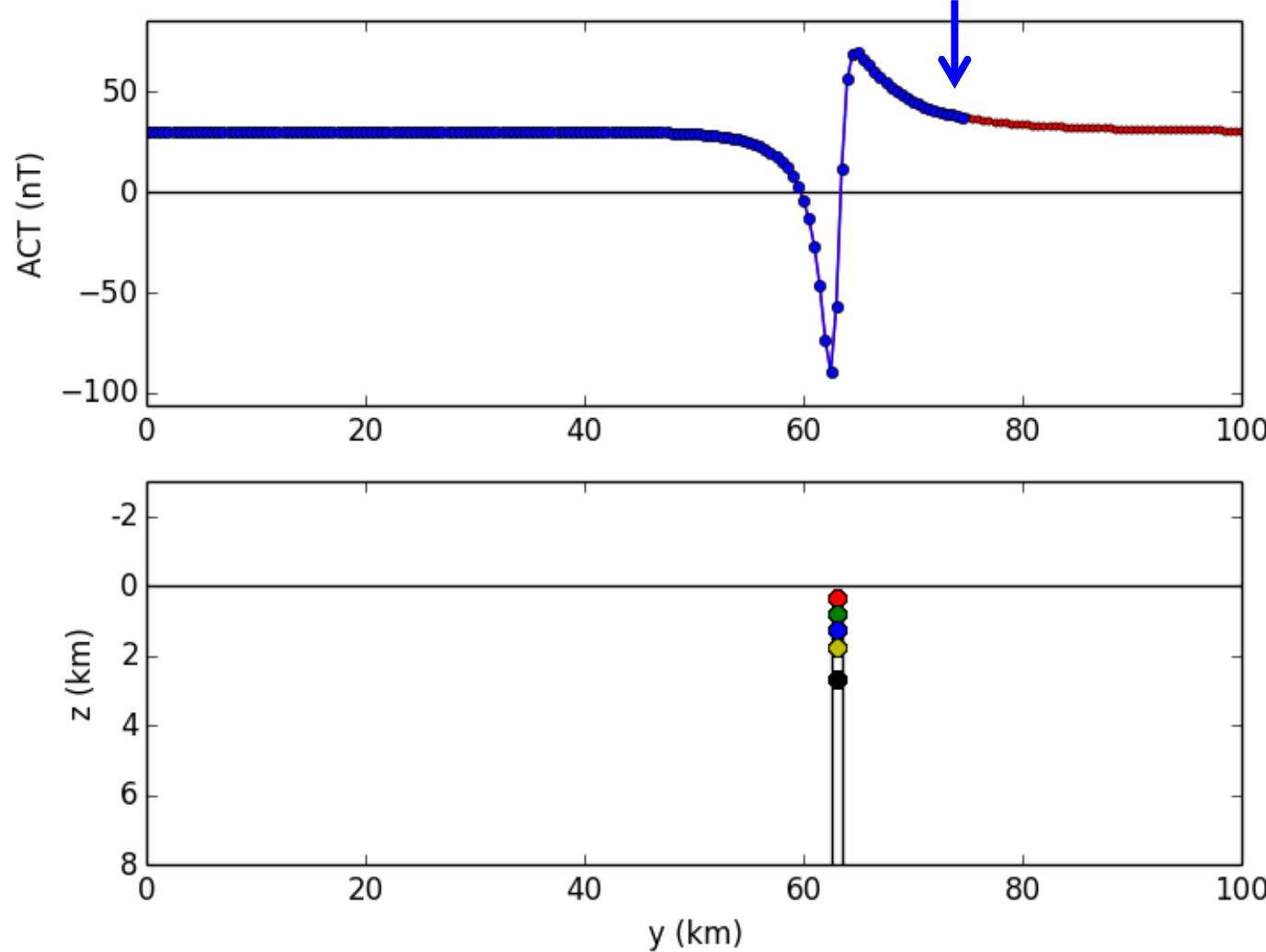
Deconvolução de Euler

Janelas de 125 dados



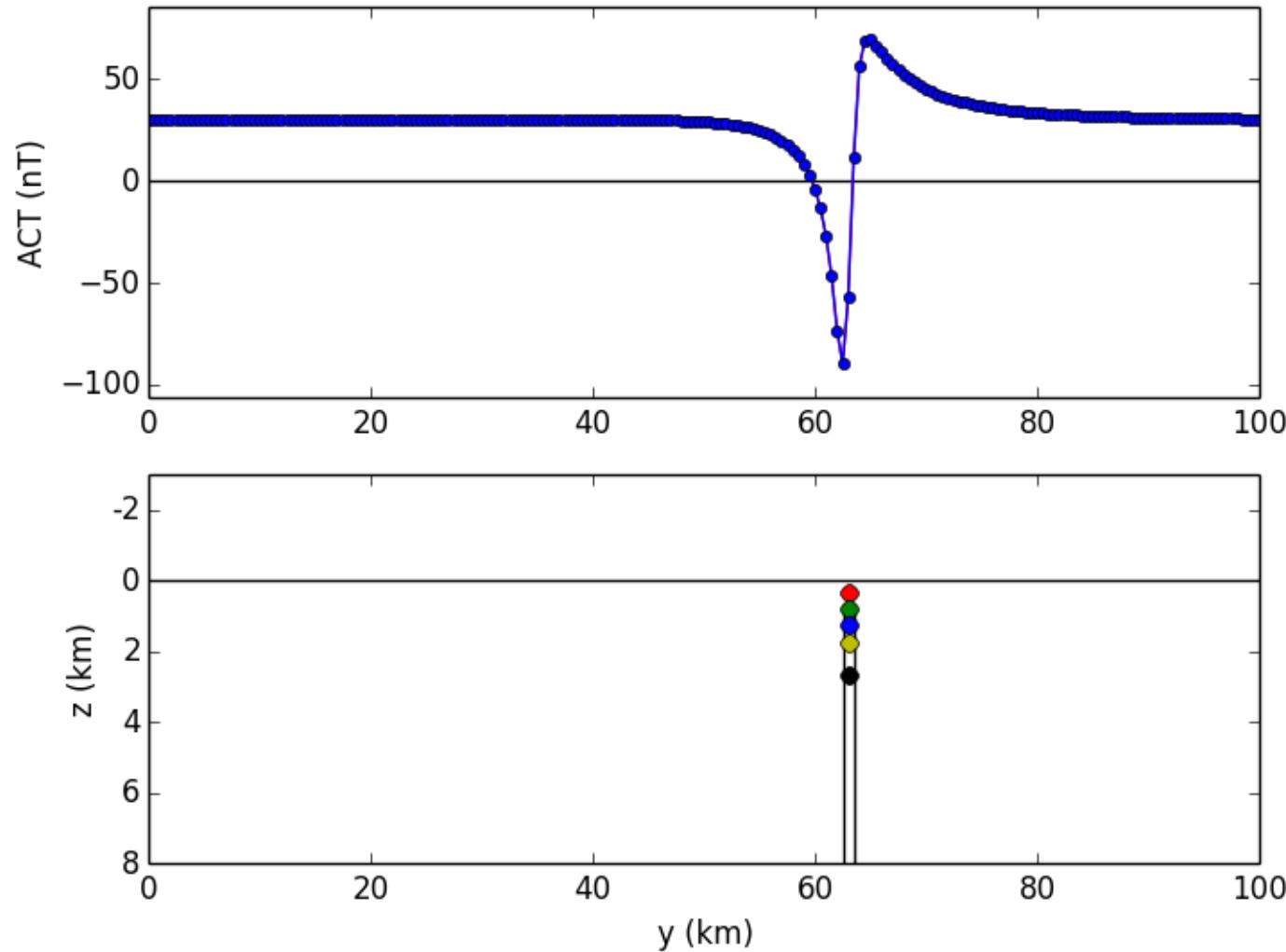
Deconvolução de Euler

Janelas de 150 dados



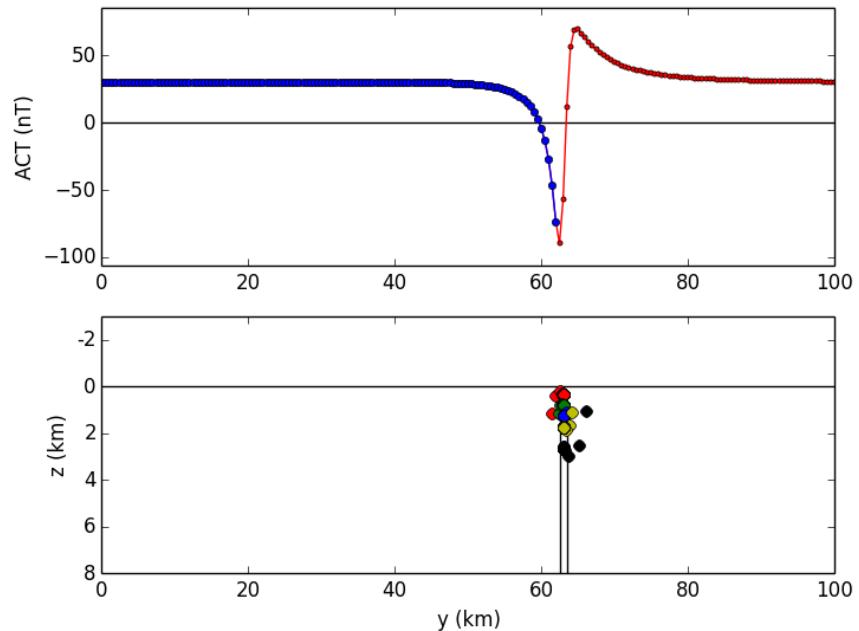
Deconvolução de Euler

Uma janelas de 201 dados (todos)



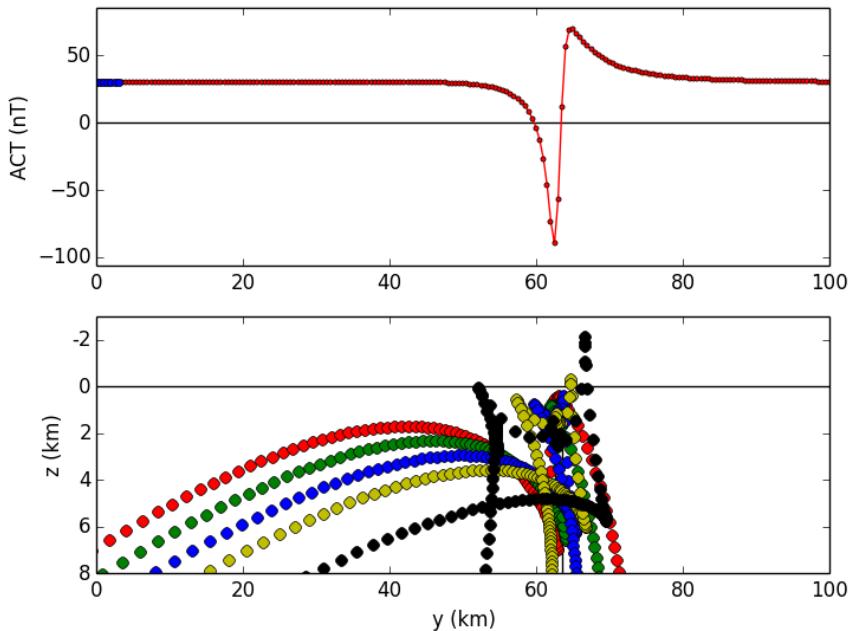
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

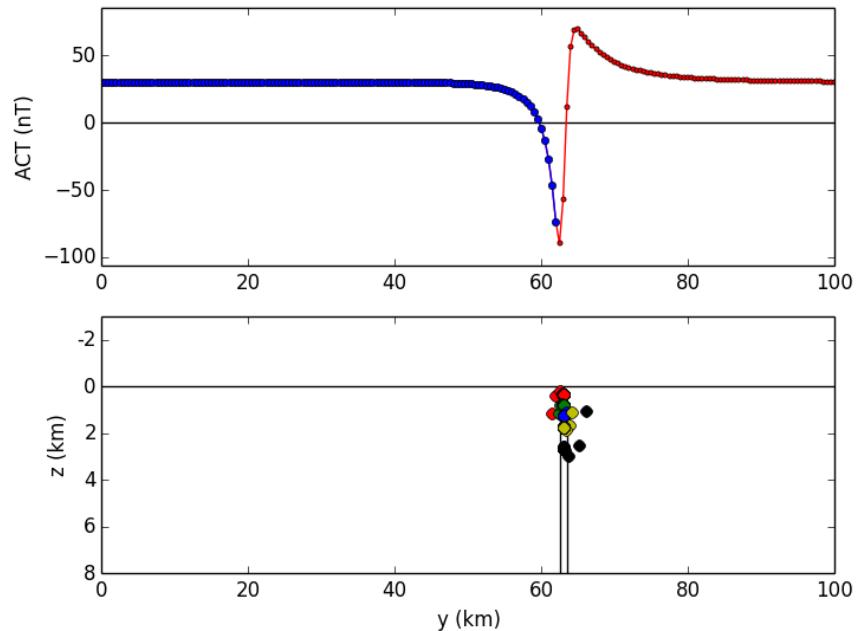
Janelas pequenas



Muitas estimativas

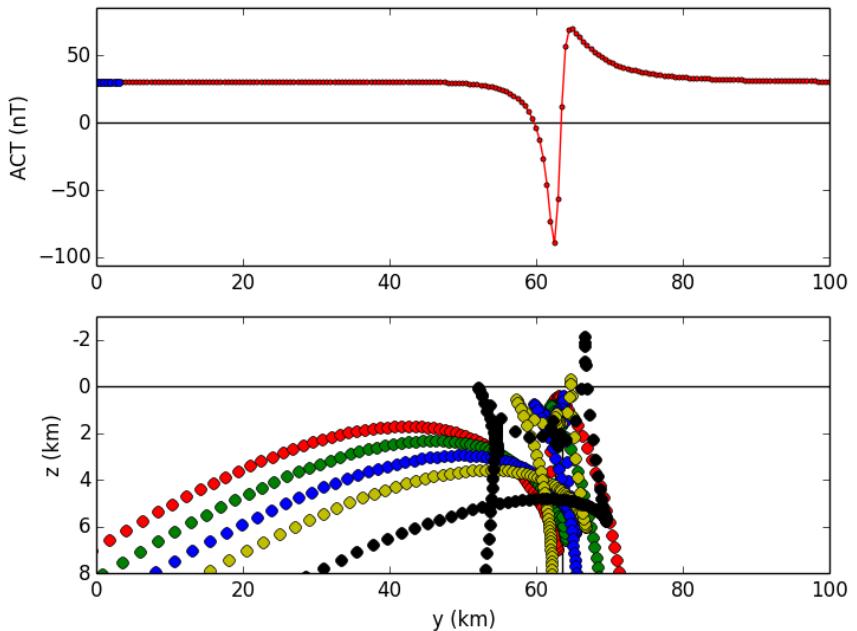
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas

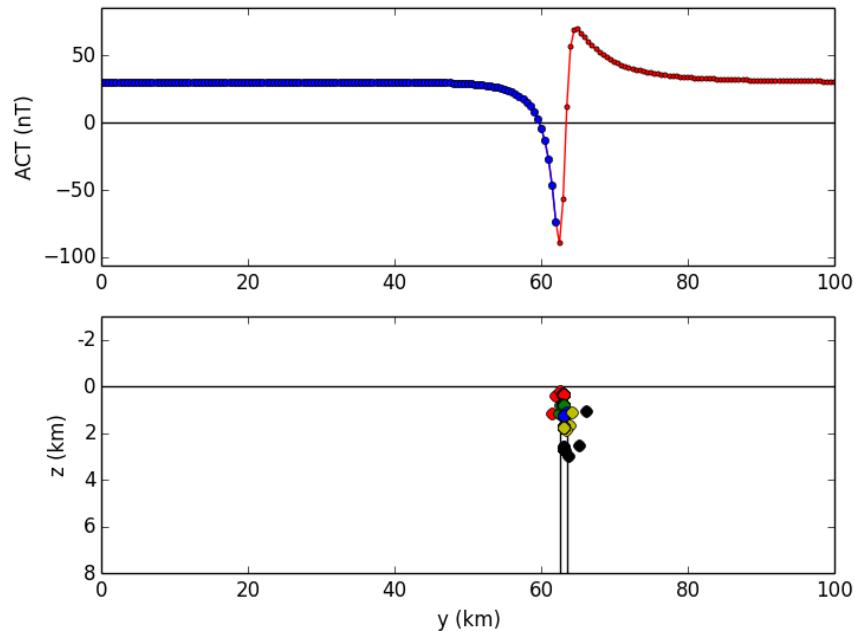


Muitas estimativas

A escolha do tamanho das janelas é algo empírico

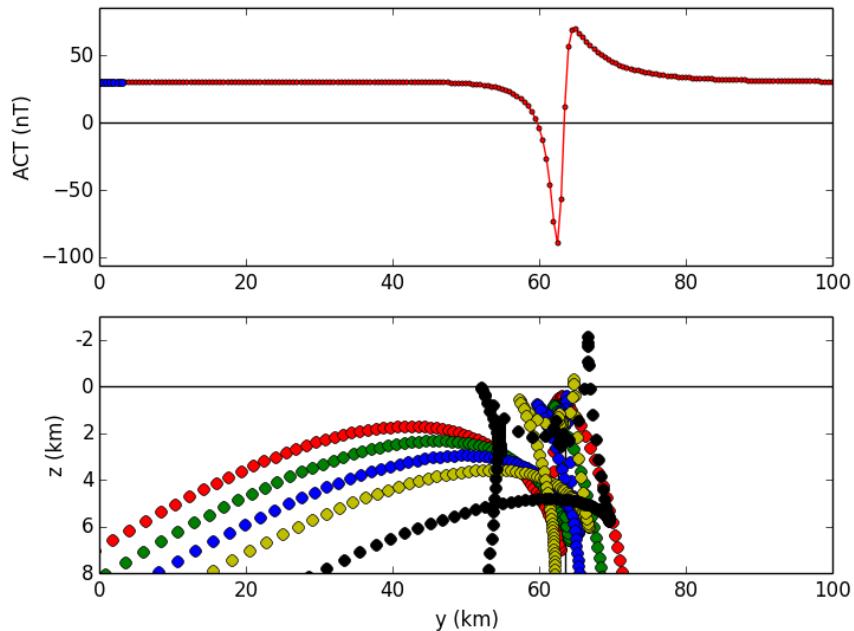
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas



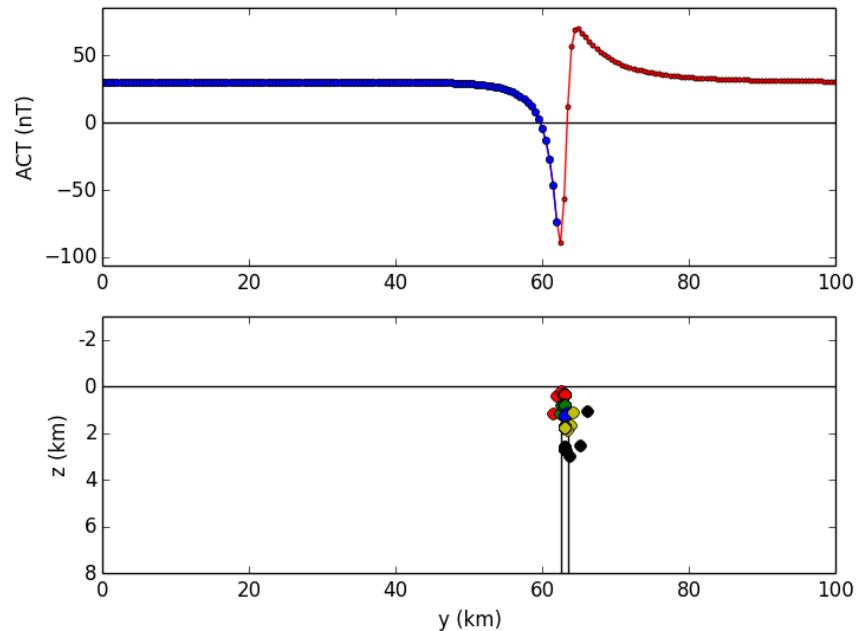
Muitas estimativas

A escolha do tamanho das janelas é algo empírico

Há diferentes métodos para a escolha das “melhores” estimativas

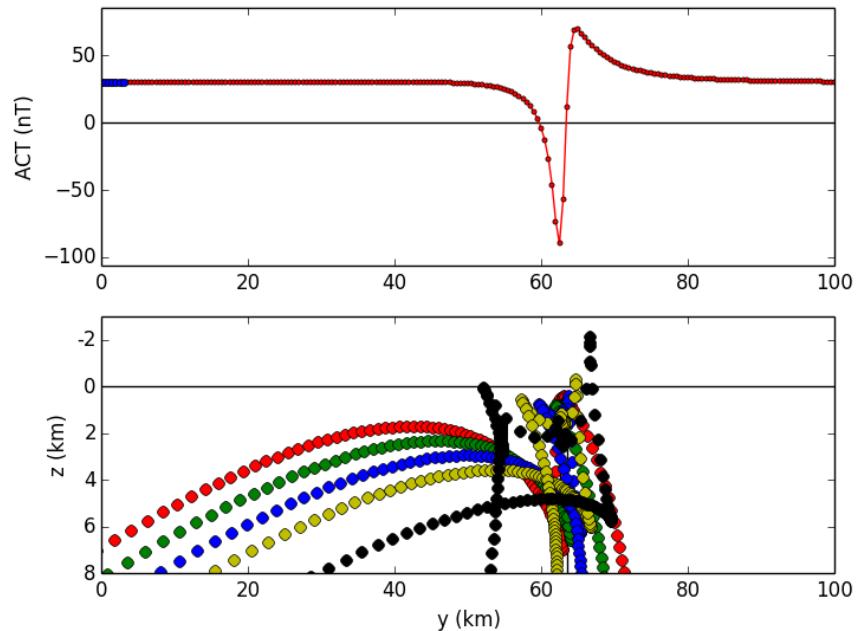
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas



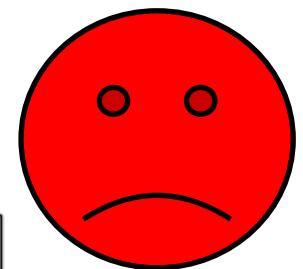
Muitas estimativas

A escolha do tamanho das janelas é algo empírico

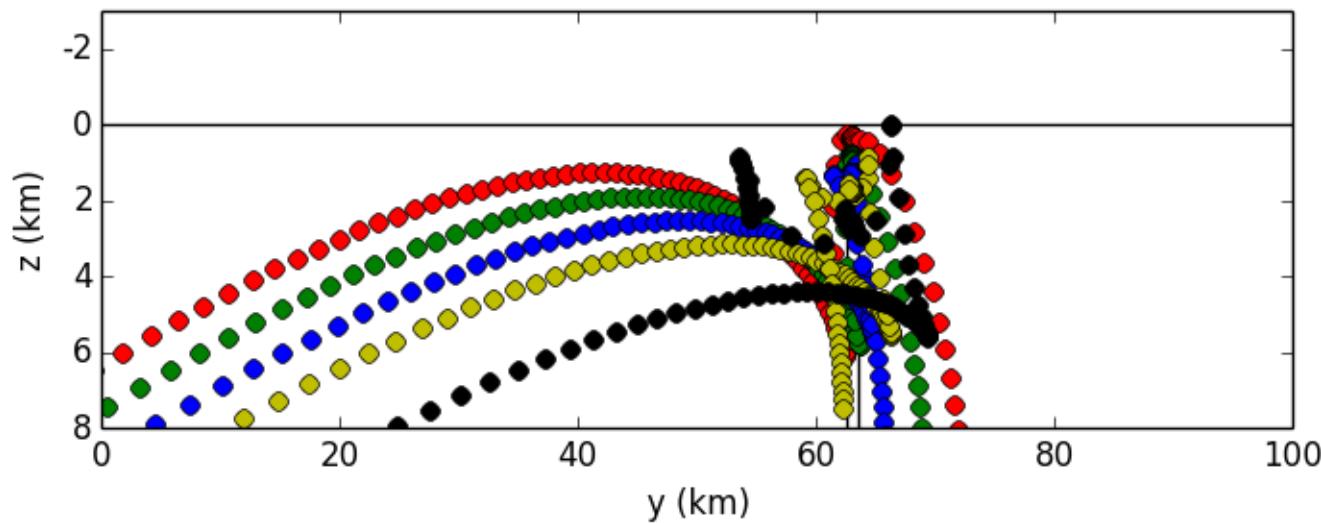
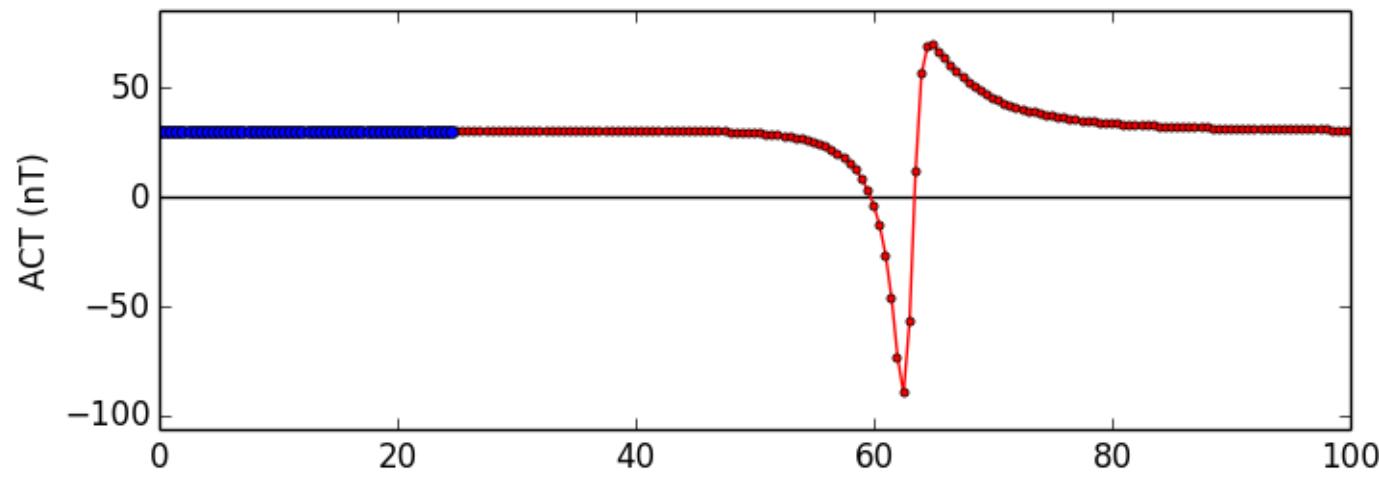
Há diferentes métodos para a escolha das “melhores” estimativas

O formato da “nuvem de soluções” não tem relação direta com o formato da fonte

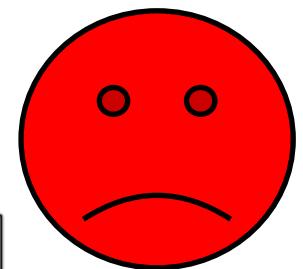
Deconvolução de Euler



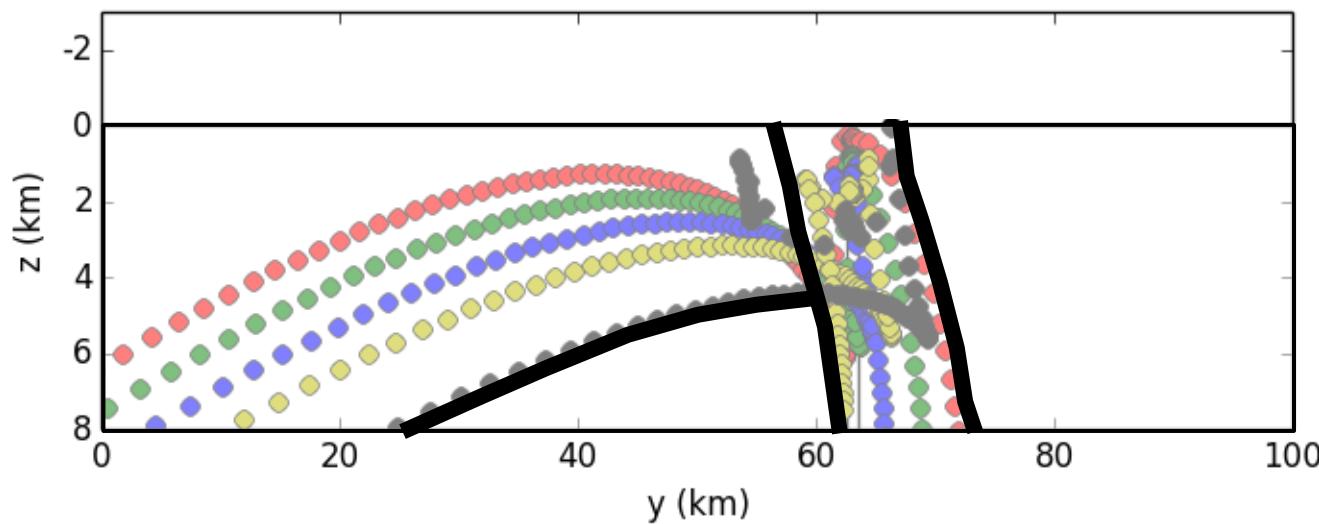
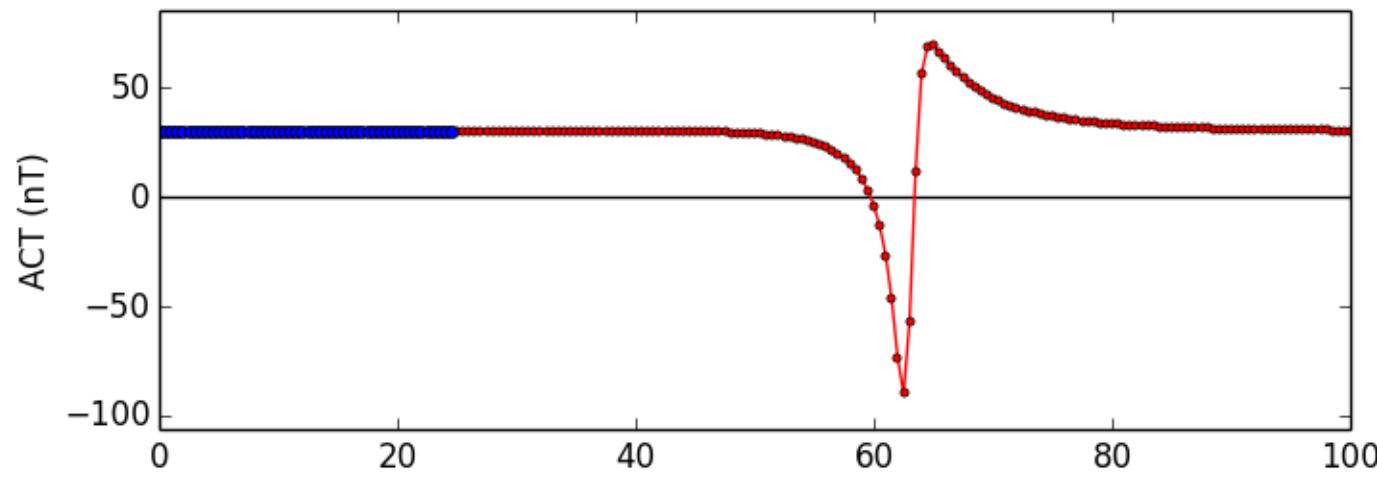
Exemplos do que NÃO se deve fazer



Deconvolução de Euler

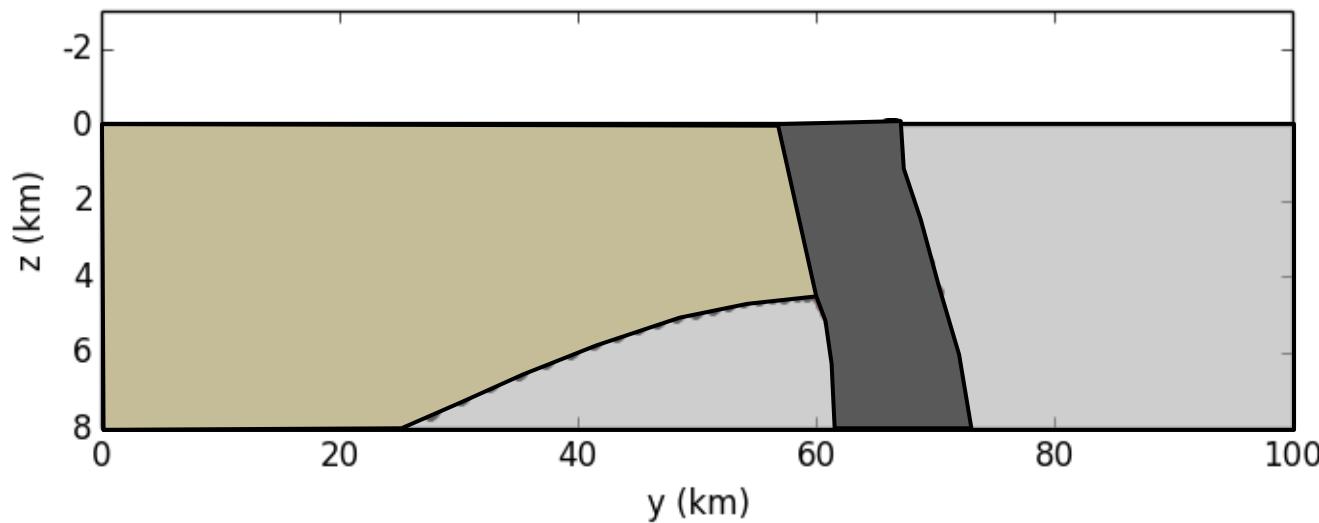
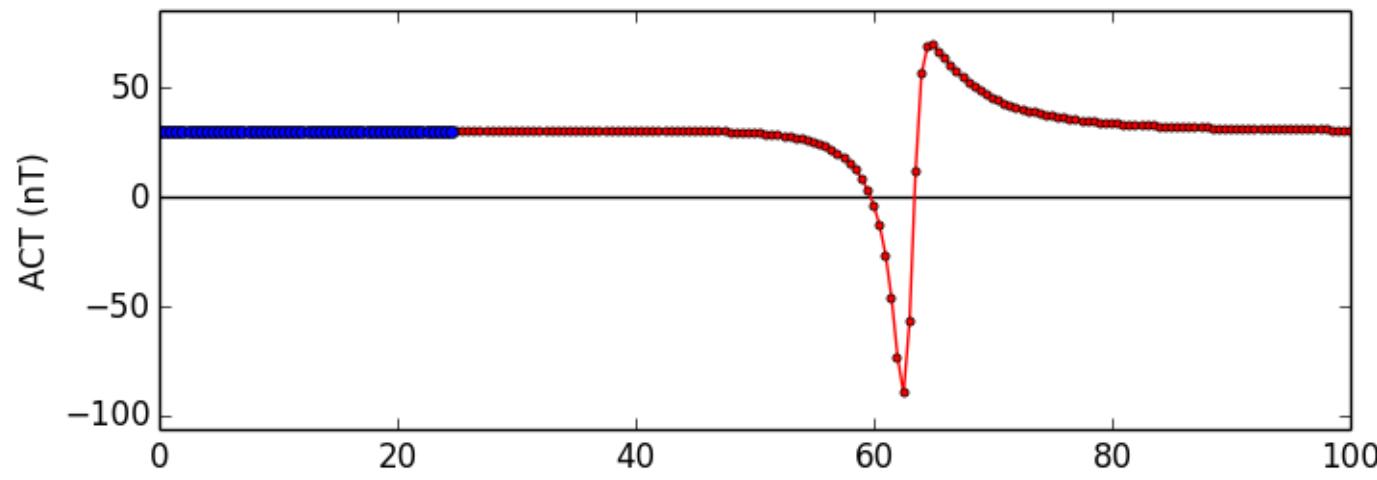
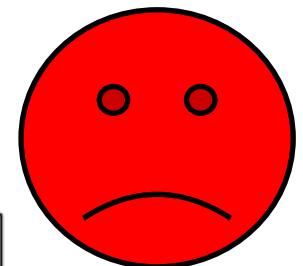


Exemplos do que NÃO se deve fazer



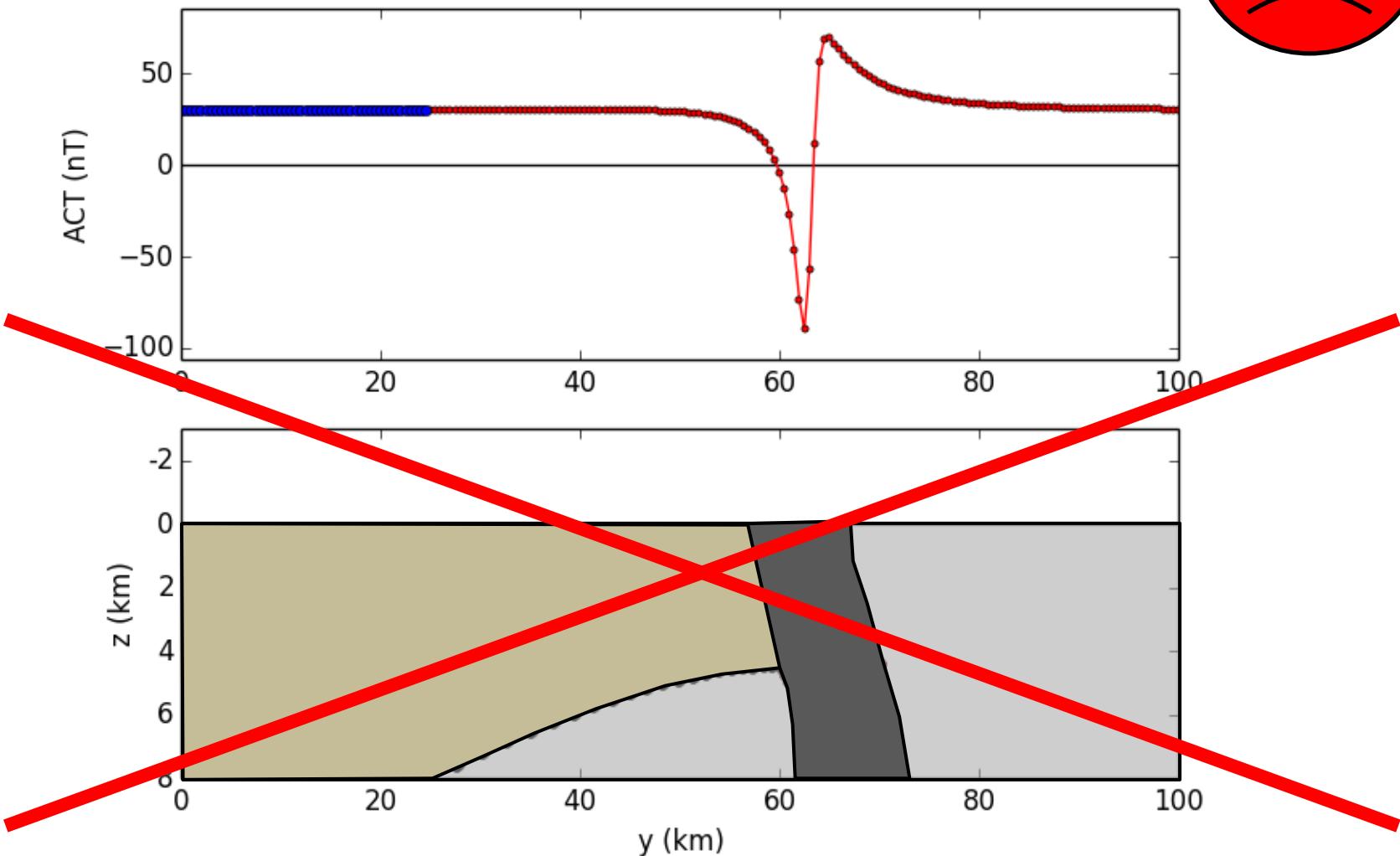
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



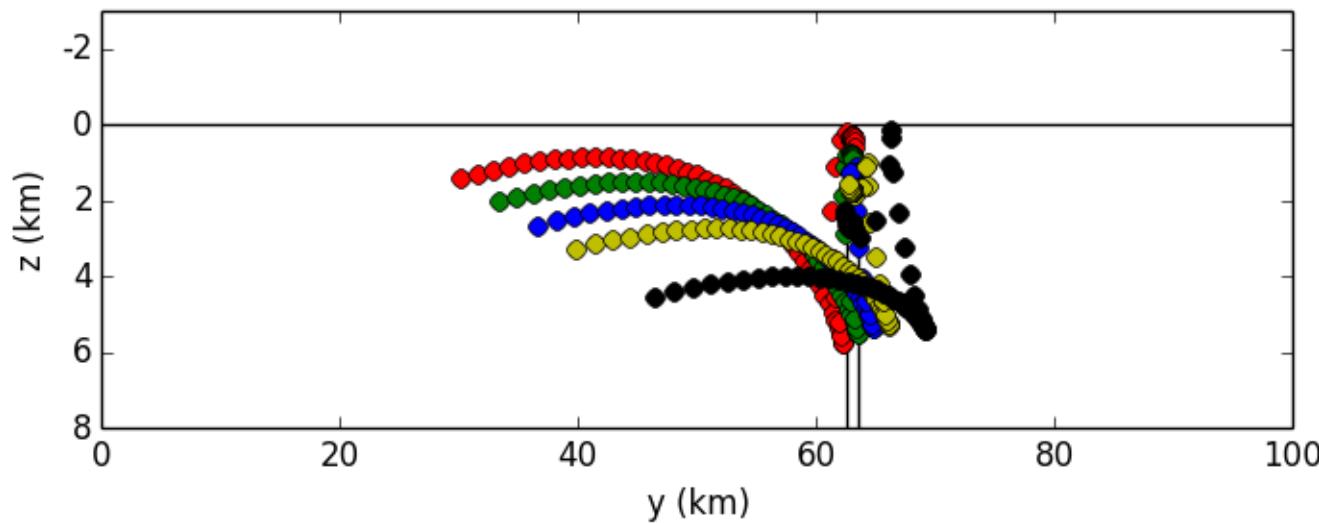
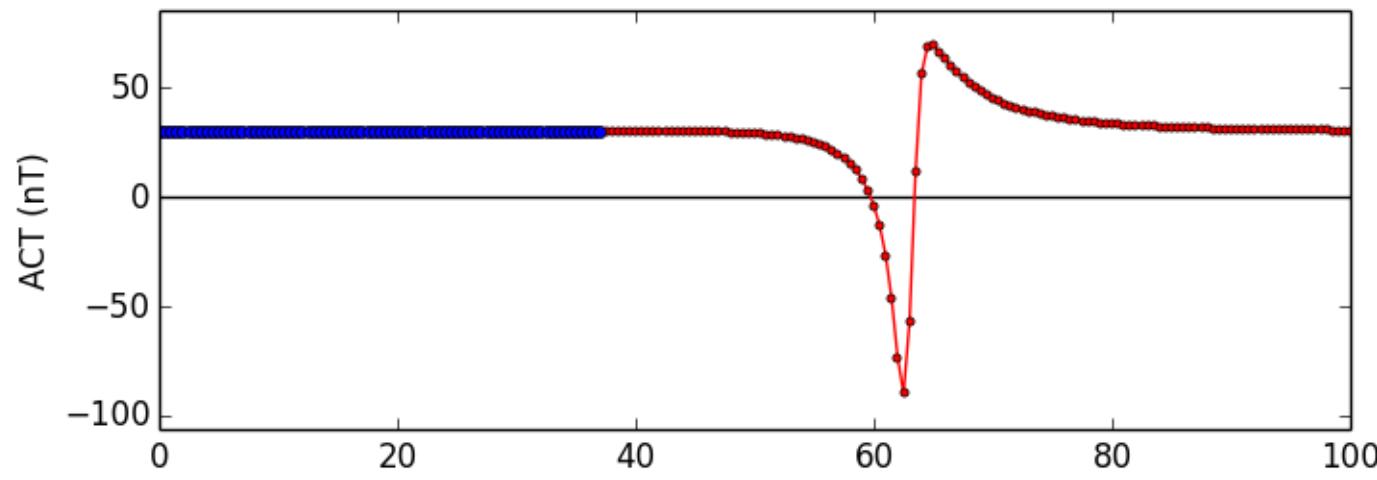
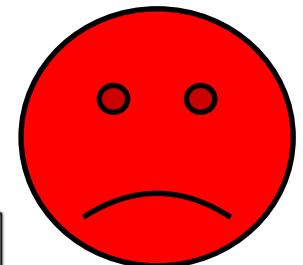
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



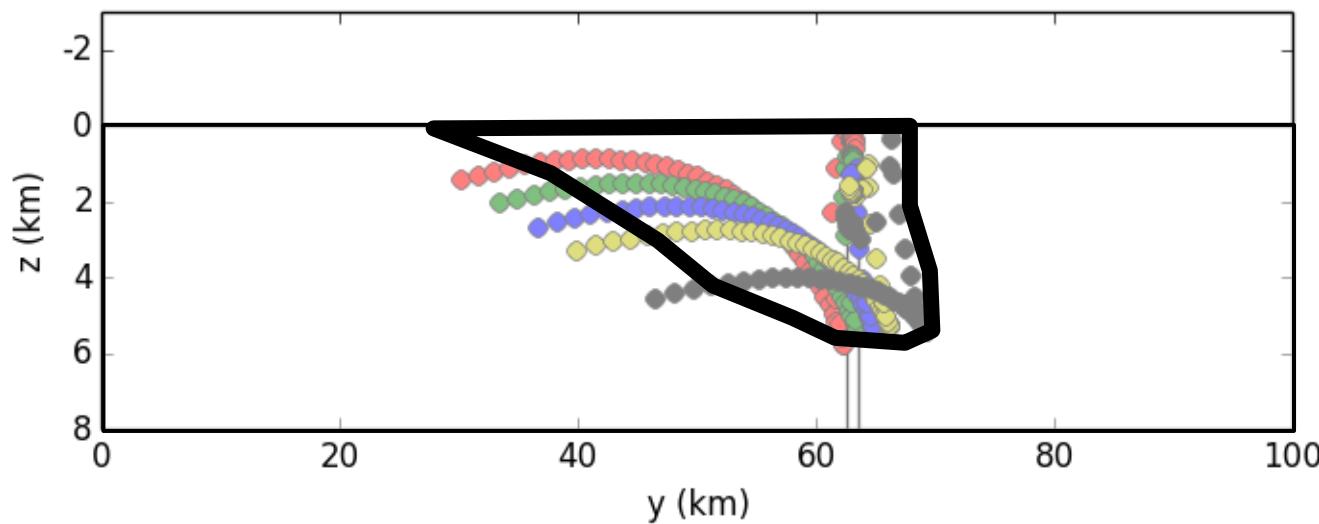
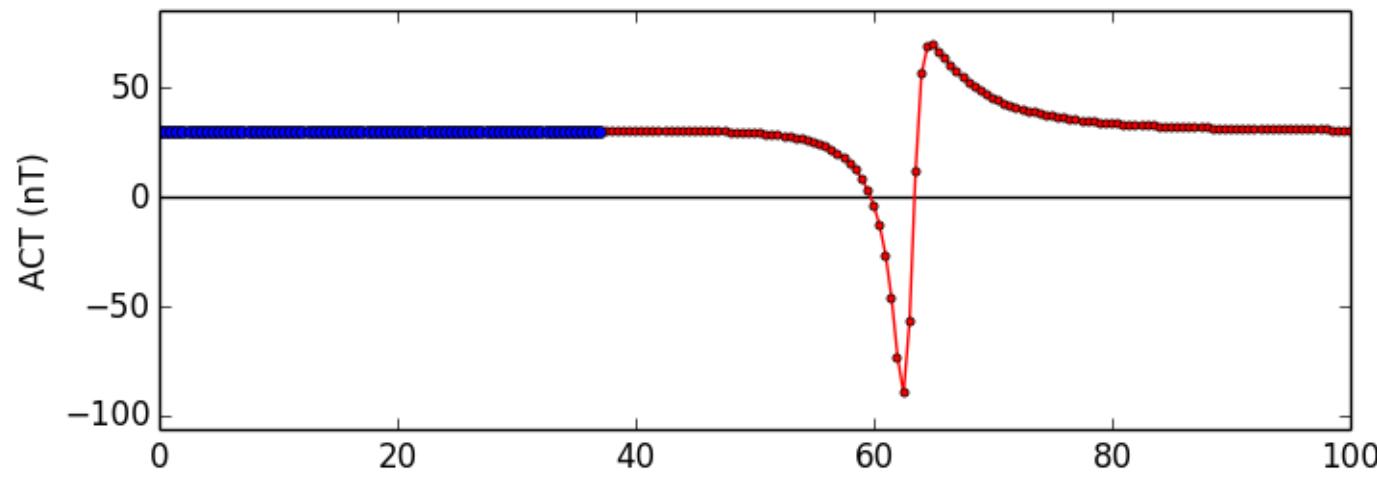
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



Deconvolução de Euler

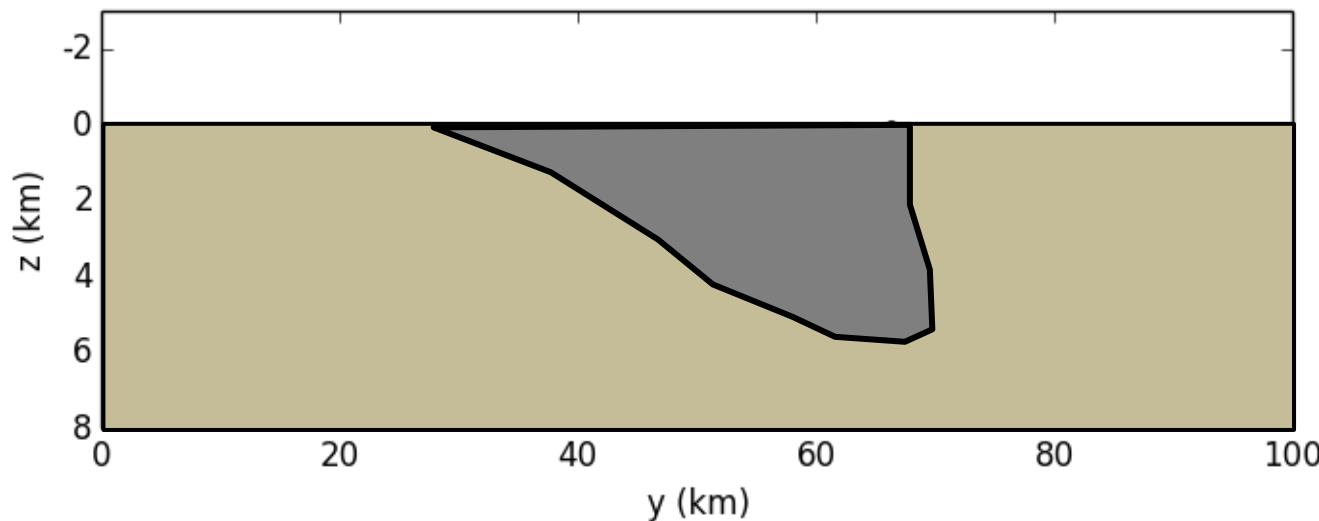
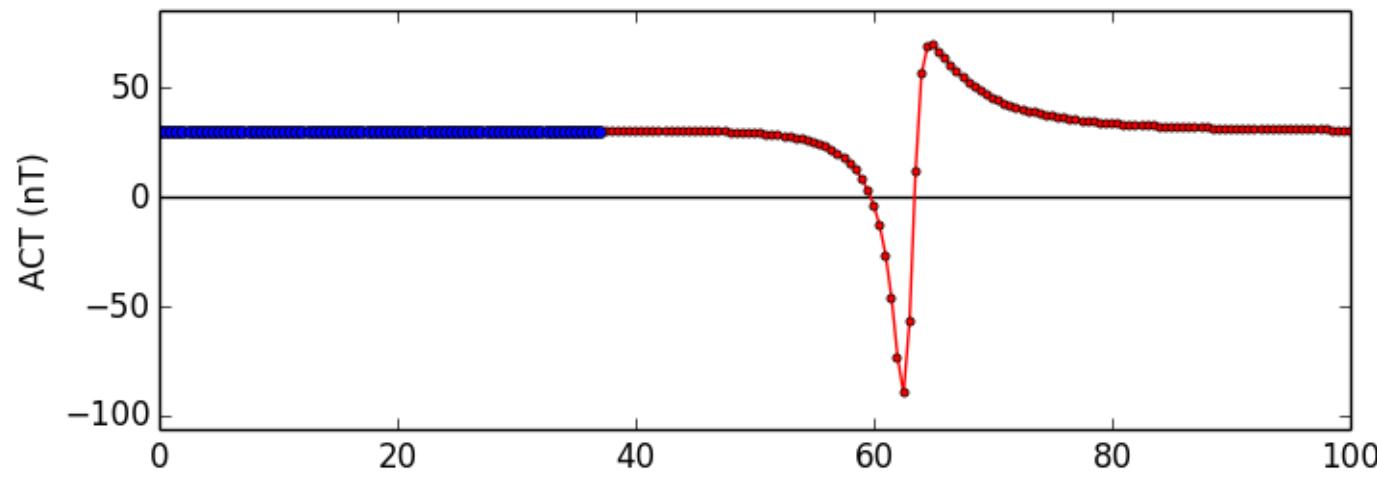
Exemplos do que NÃO se deve fazer



Deconvolução de Euler

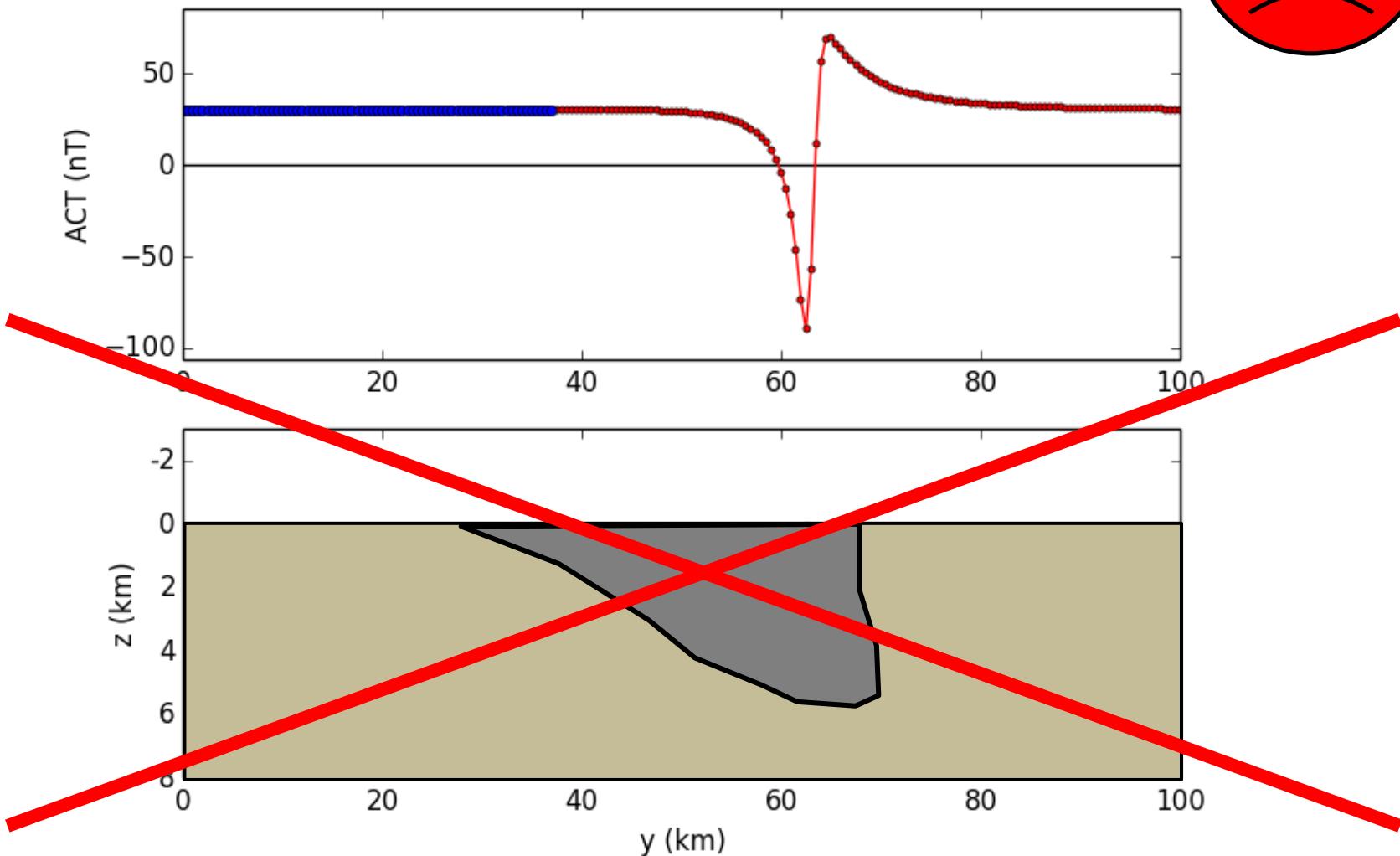
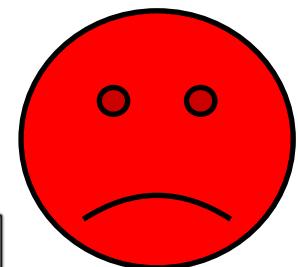


Exemplos do que NÃO se deve fazer



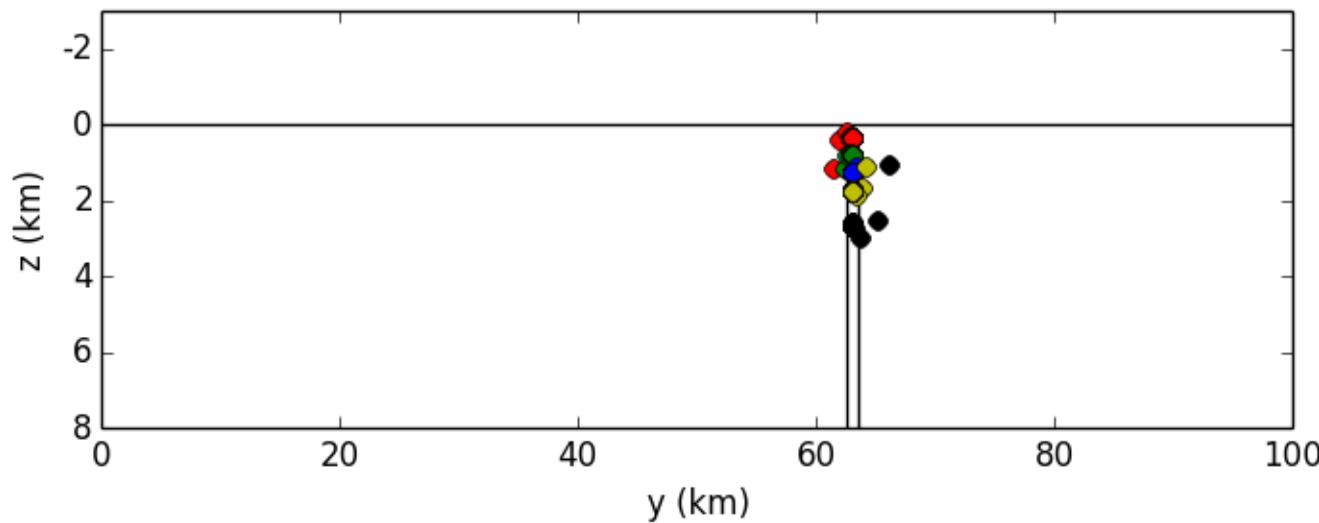
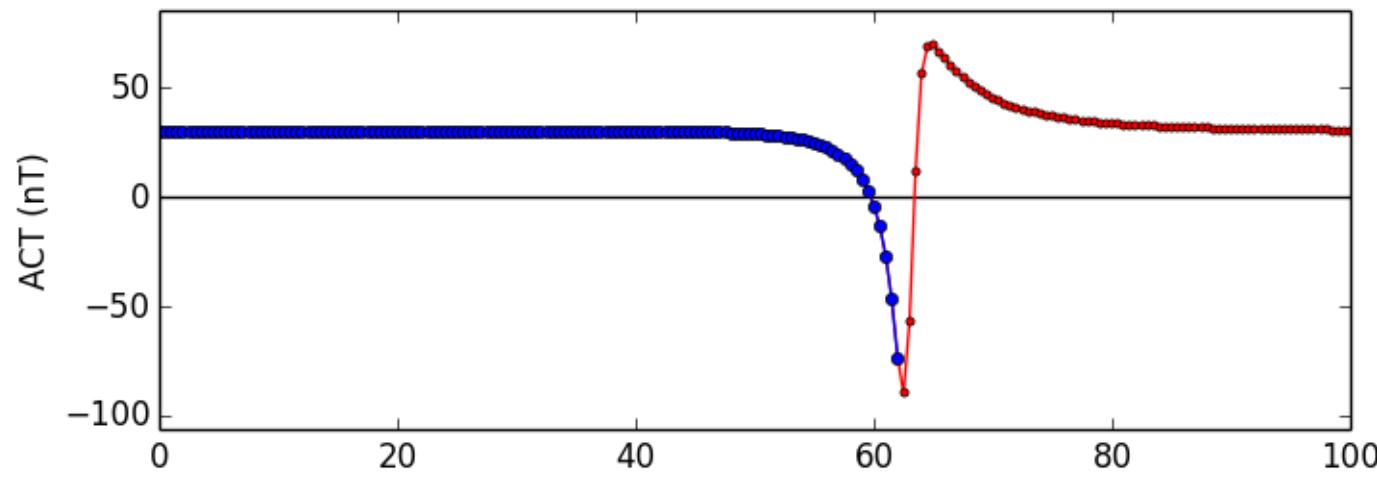
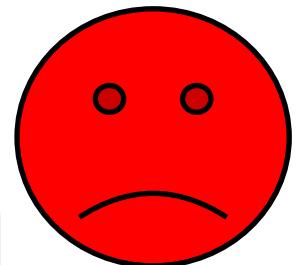
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



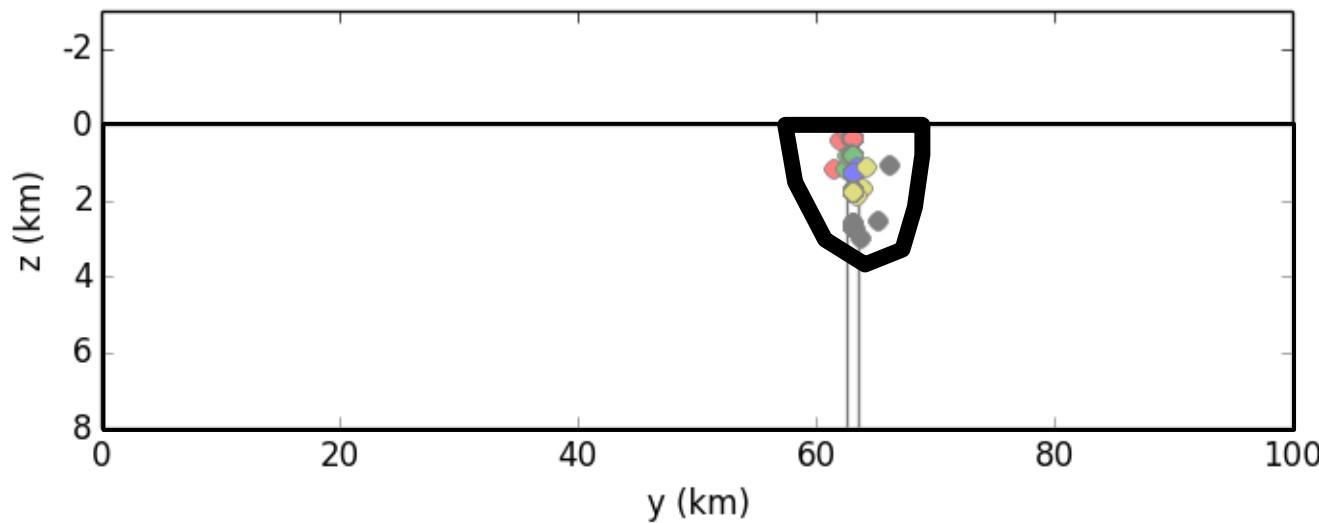
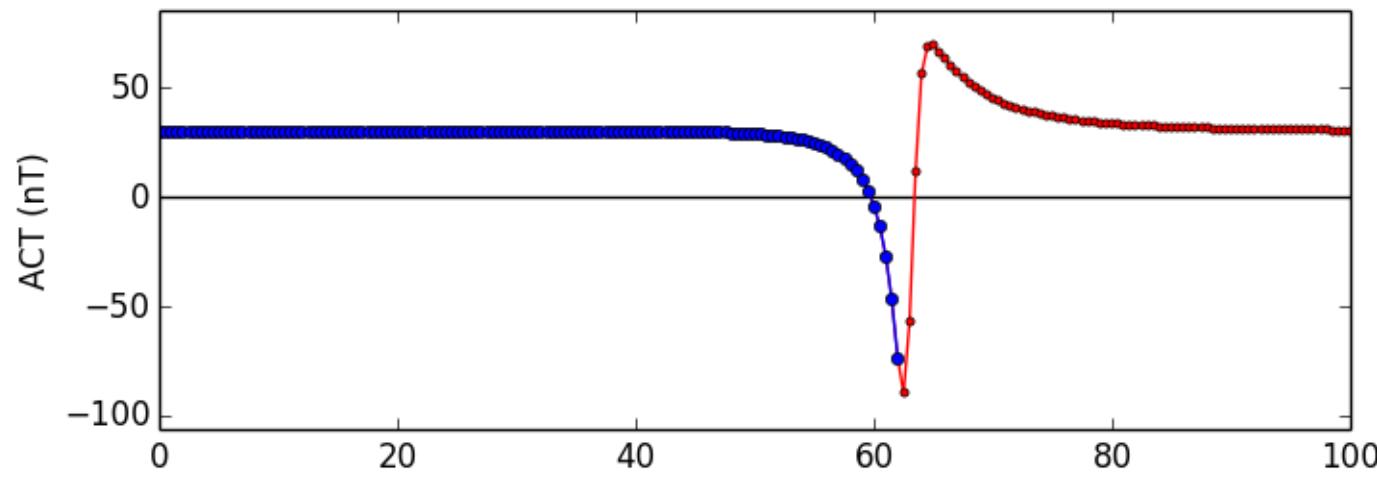
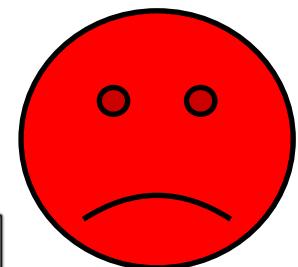
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



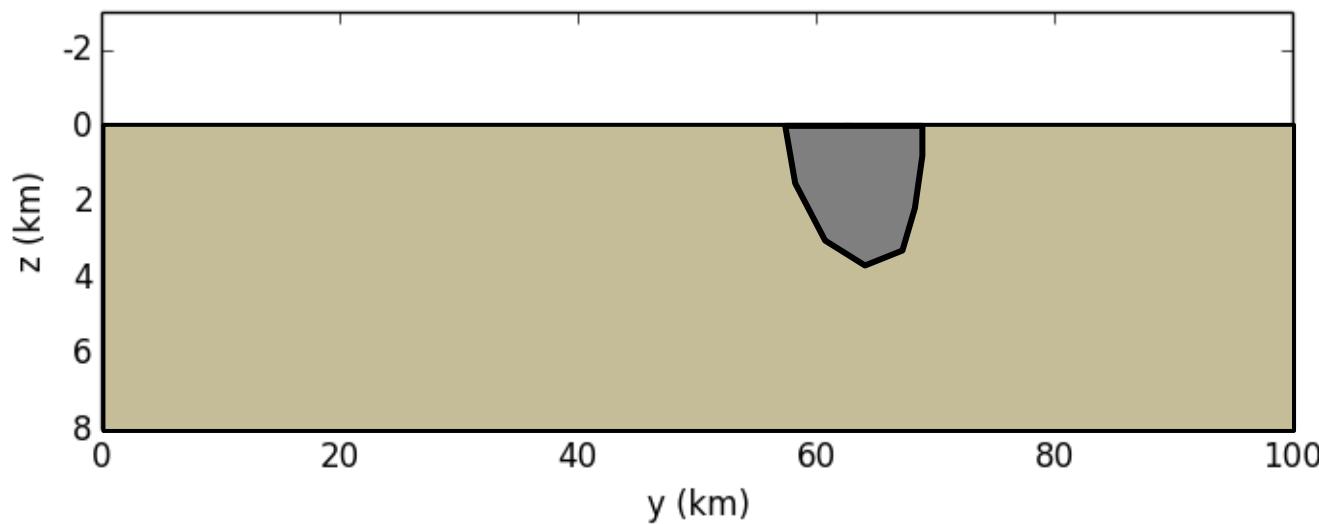
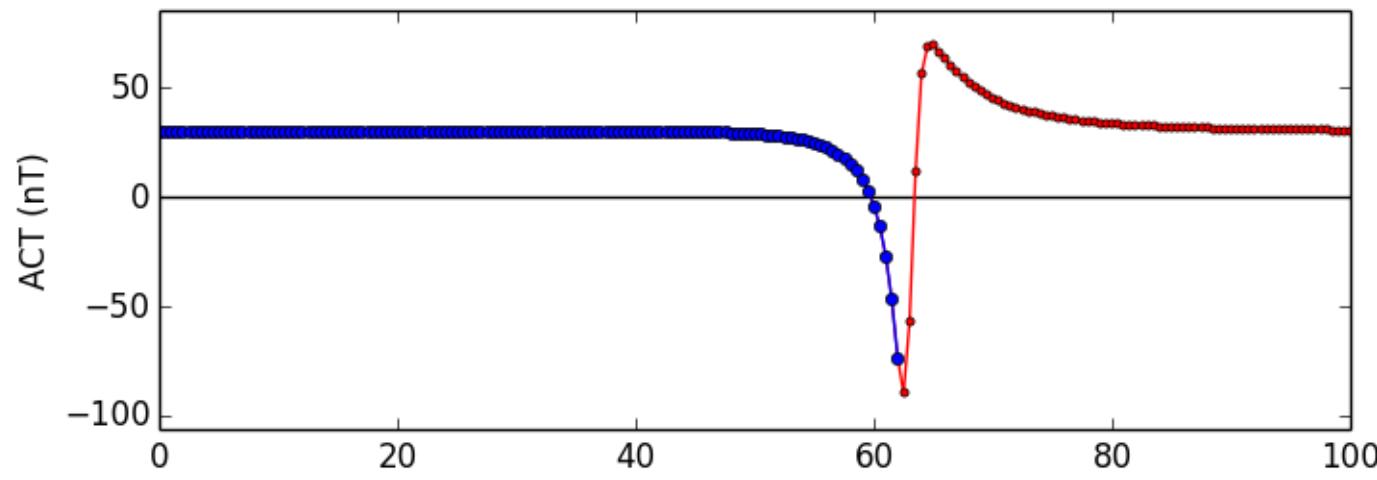
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



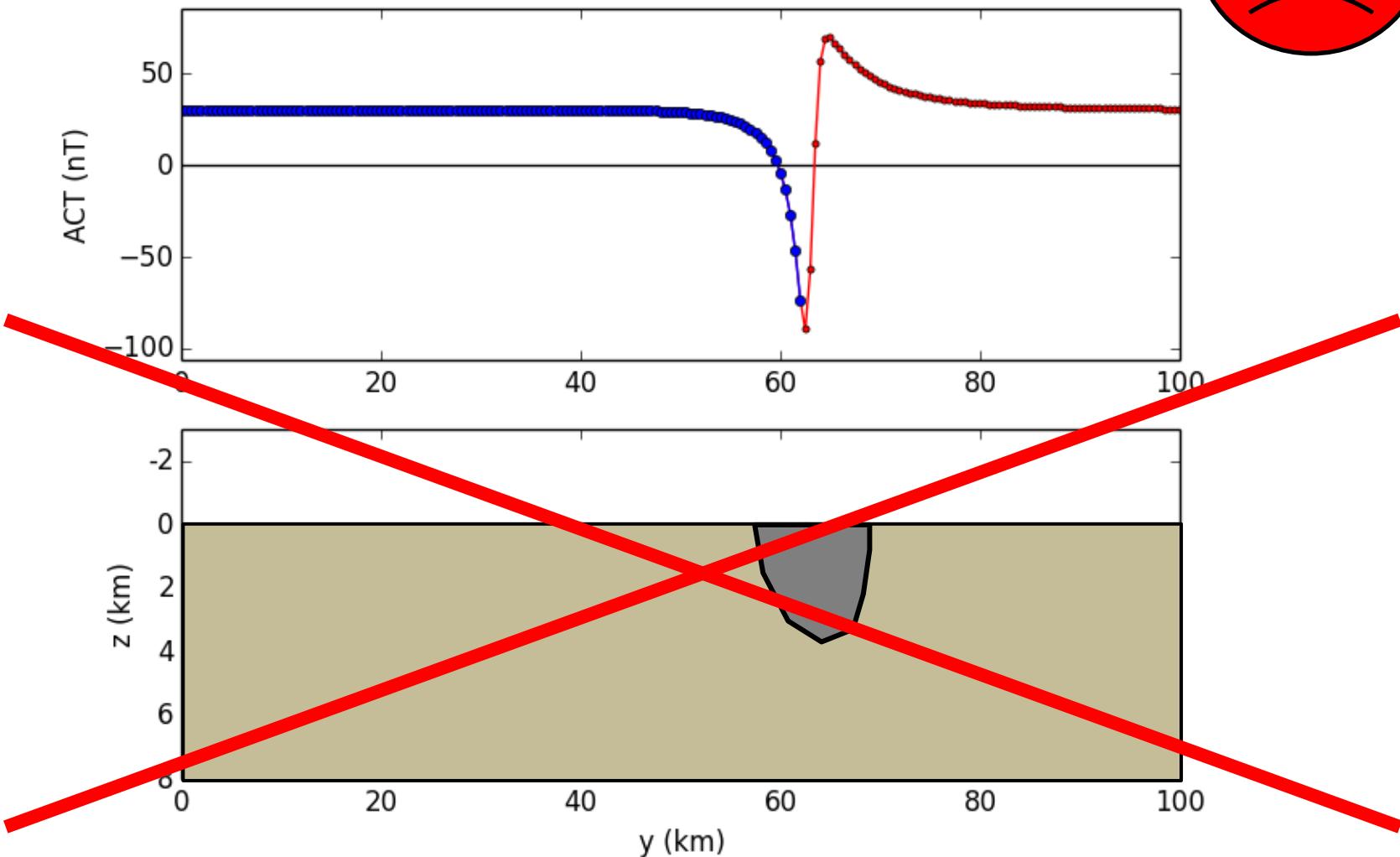
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer

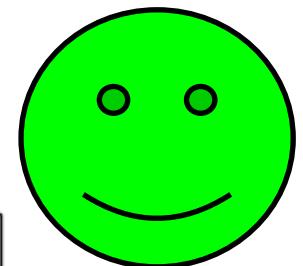


Deconvolução de Euler

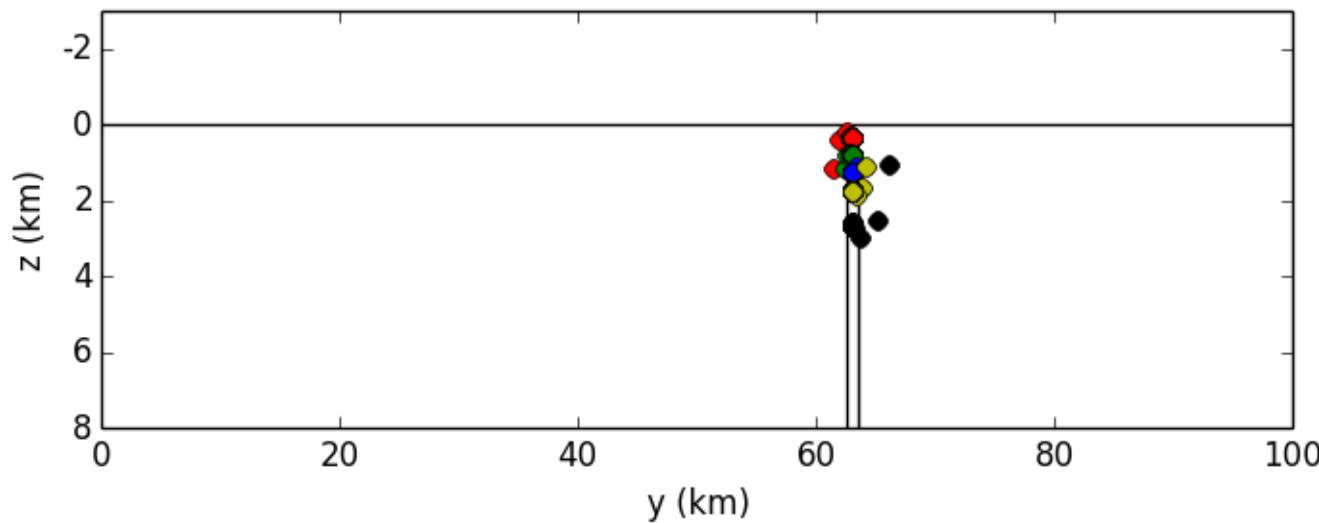
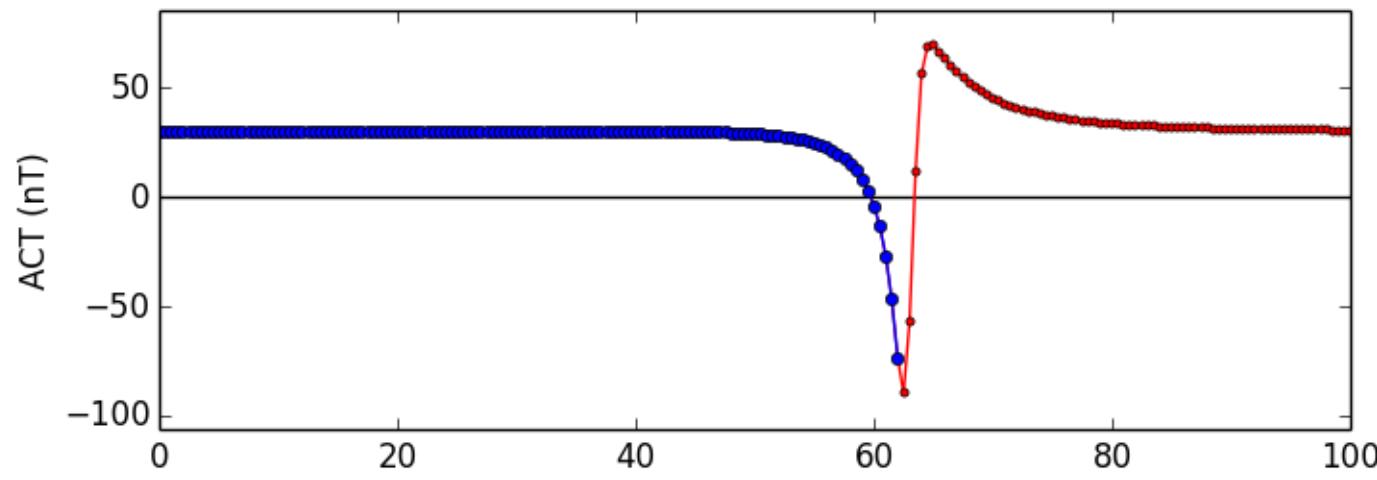
Exemplos do que NÃO se deve fazer



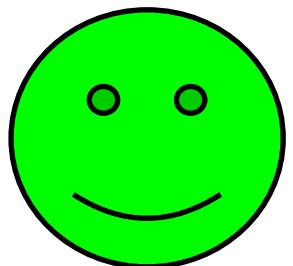
Deconvolução de Euler



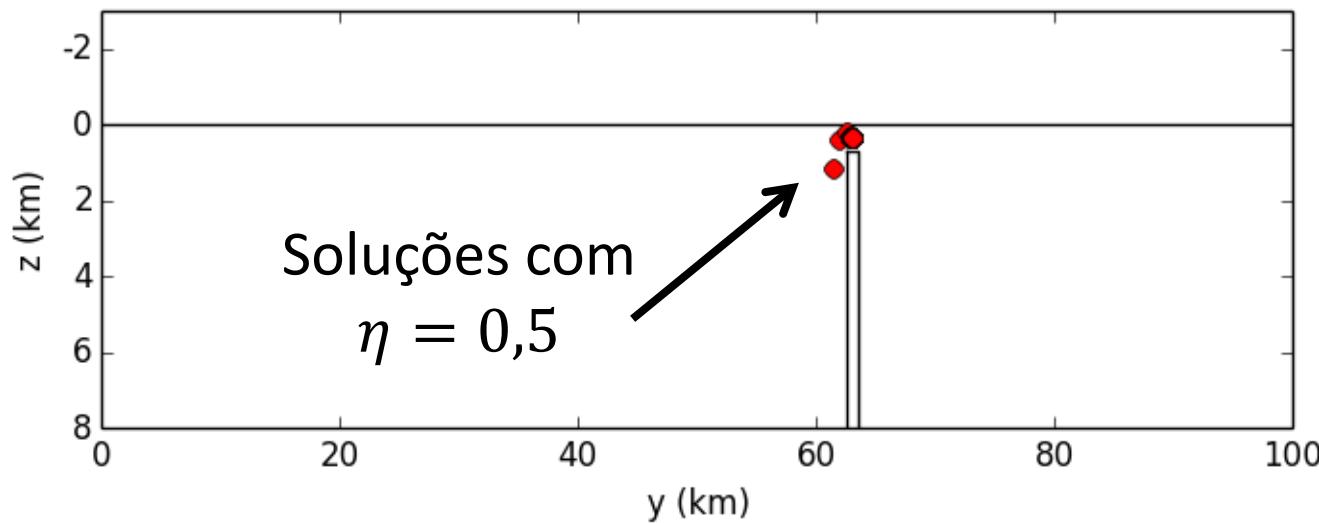
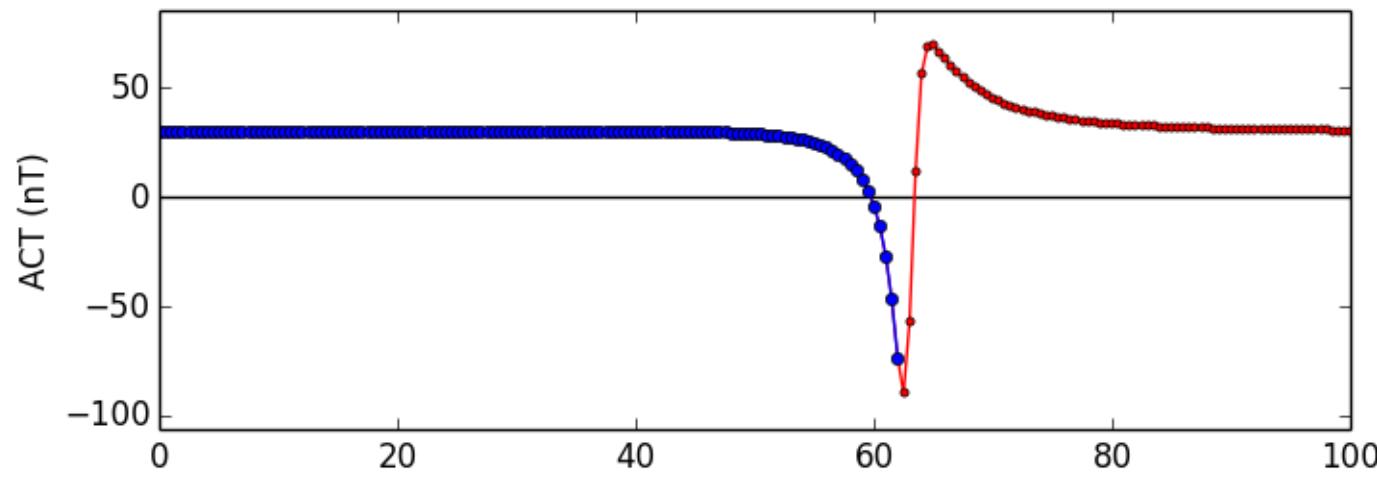
Exemplos do que se deve fazer



Deconvolução de Euler

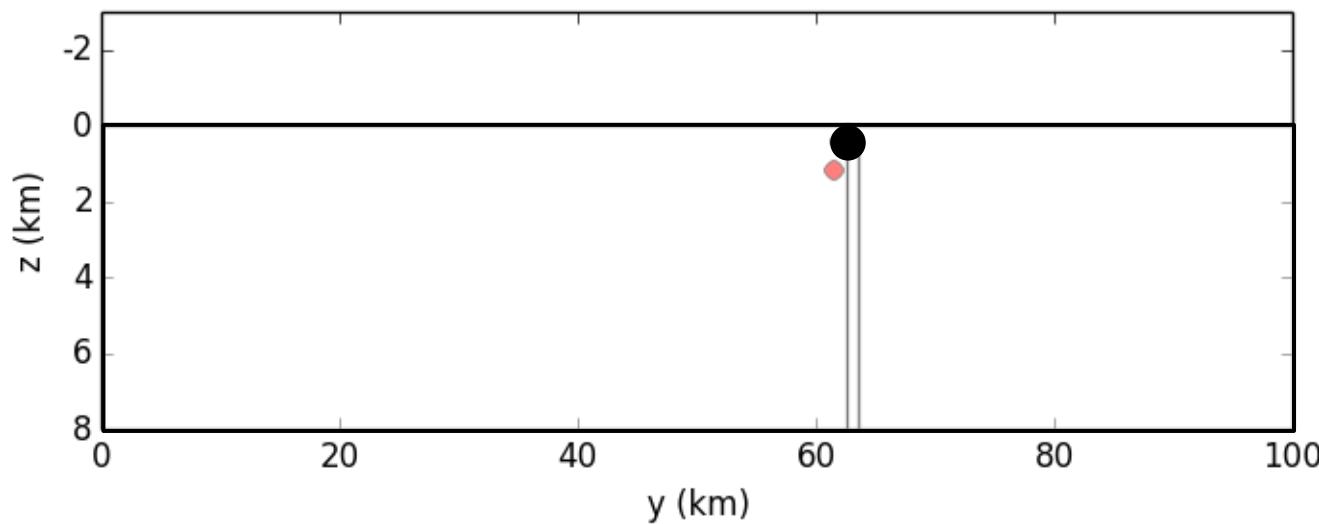
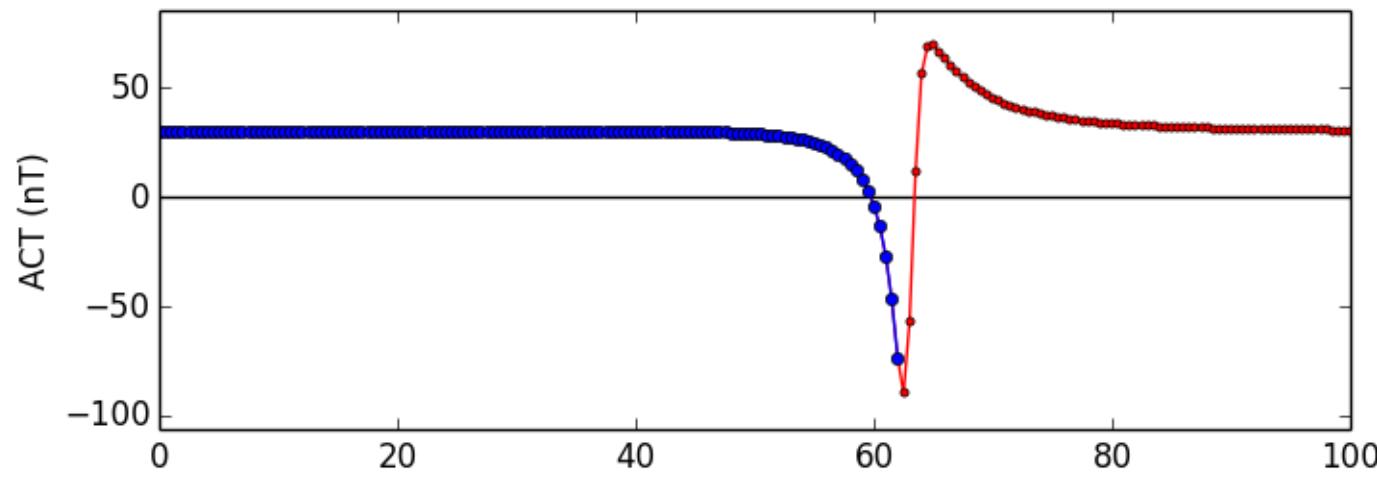
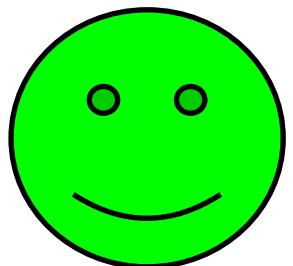


Exemplos do que se deve fazer



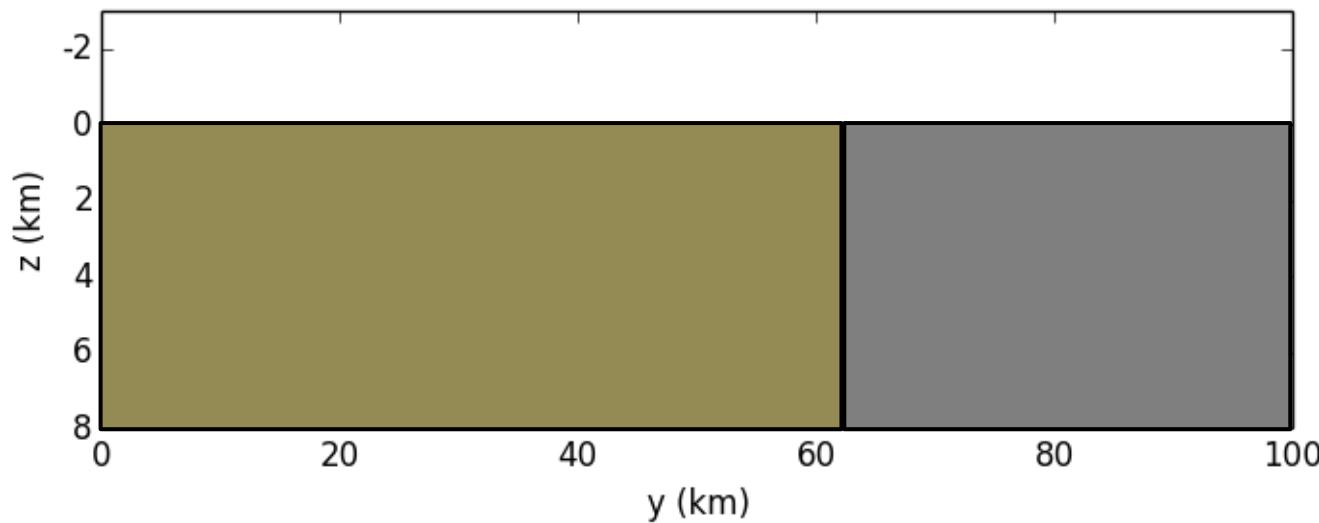
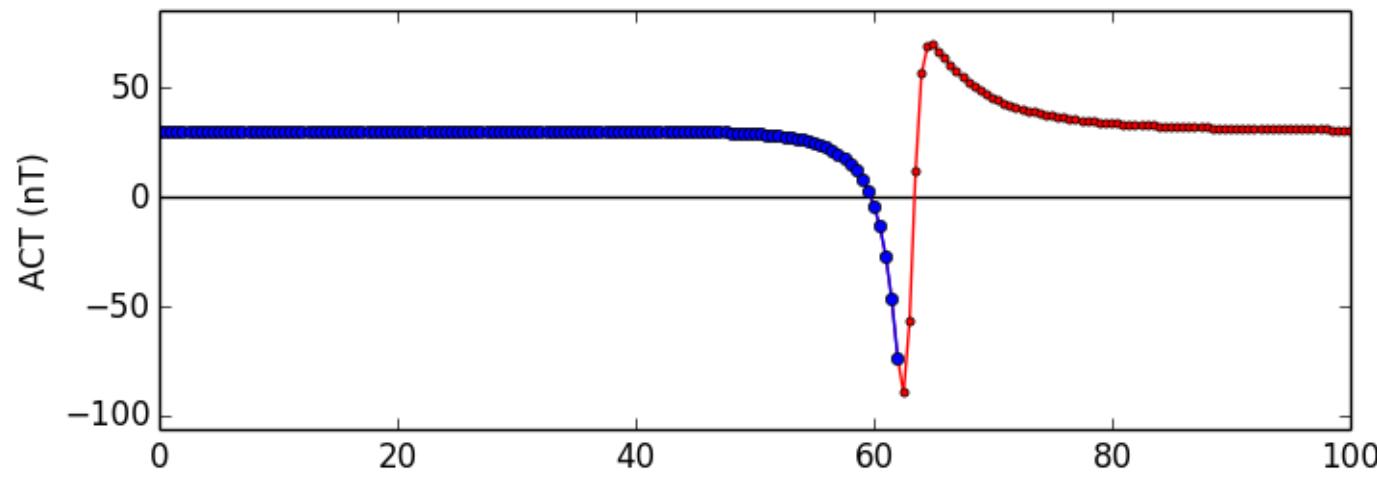
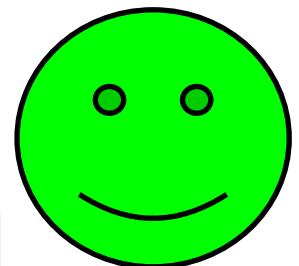
Deconvolução de Euler

Exemplos do que se deve fazer

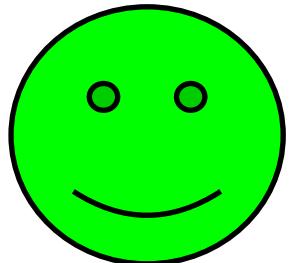


Deconvolução de Euler

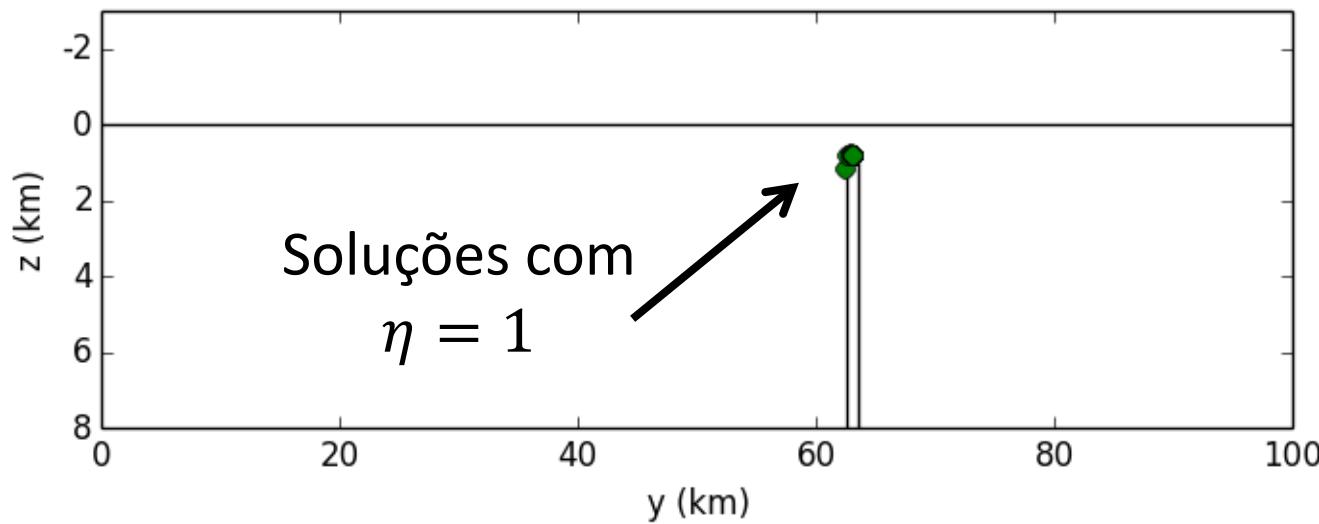
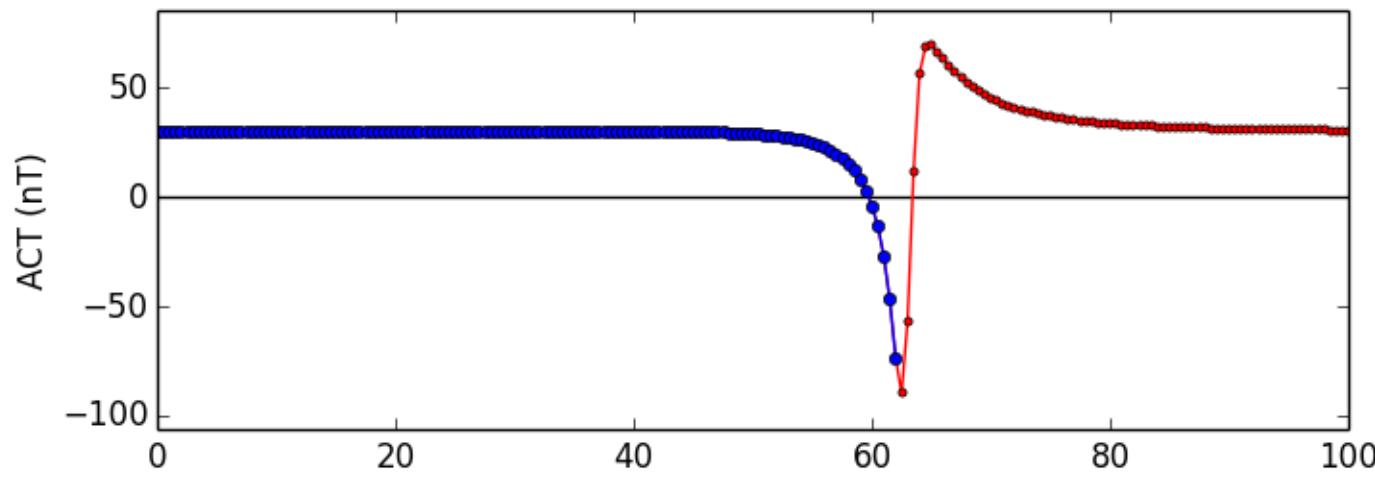
Exemplos do que se deve fazer



Deconvolução de Euler

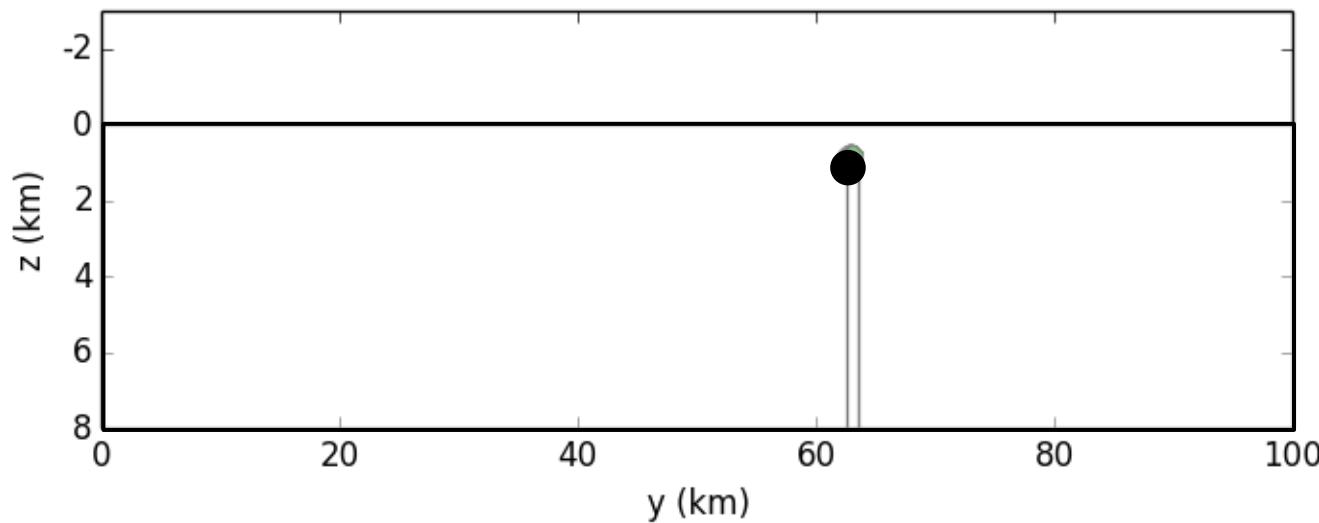
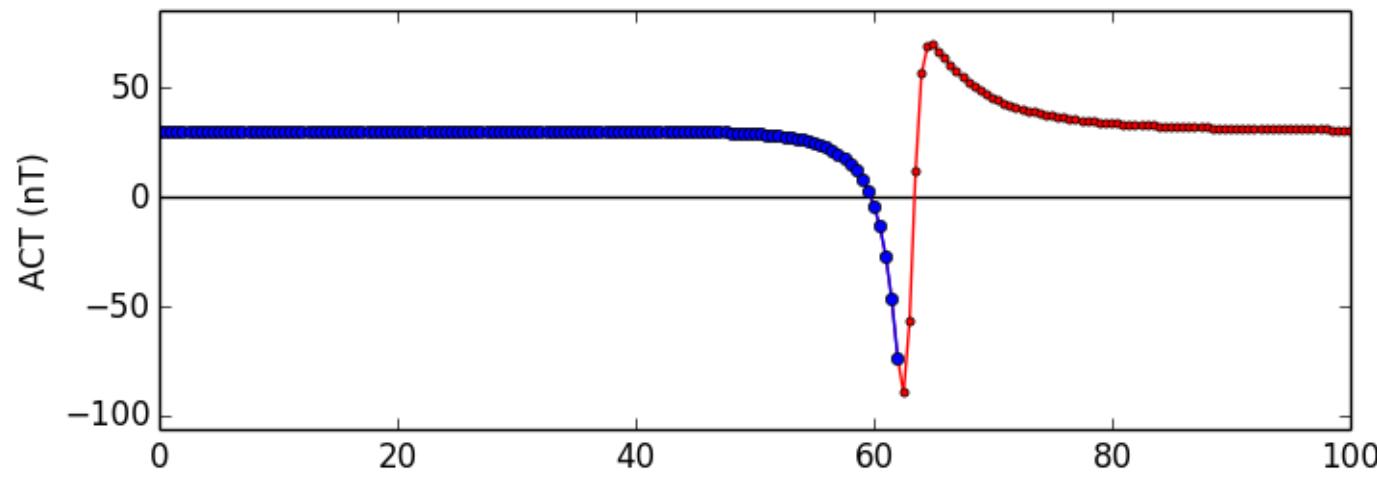
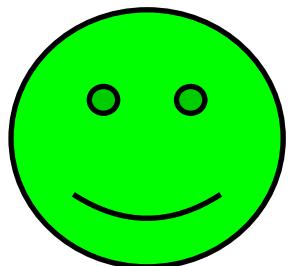


Exemplos do que se deve fazer

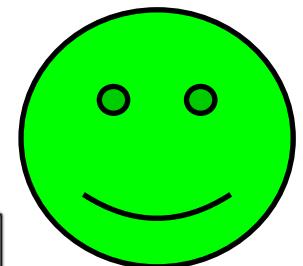


Deconvolução de Euler

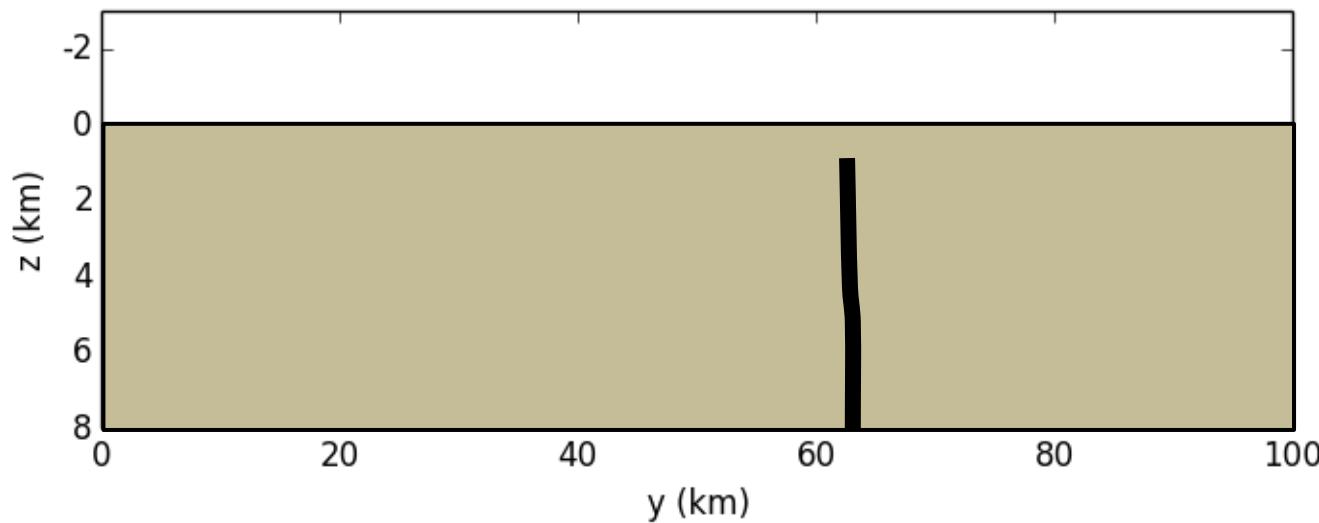
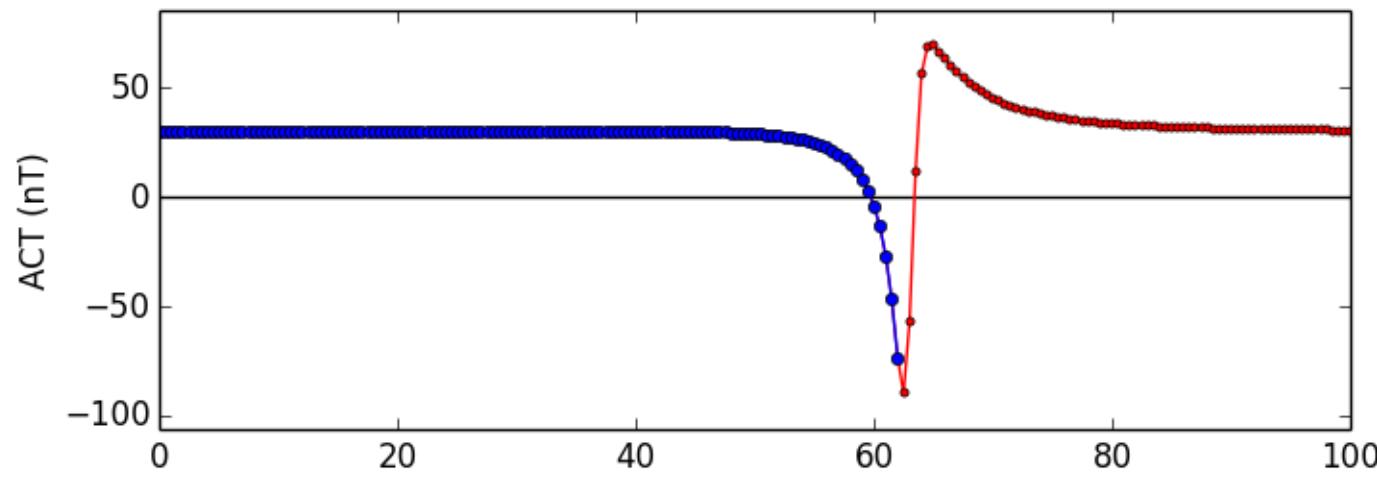
Exemplos do que se deve fazer



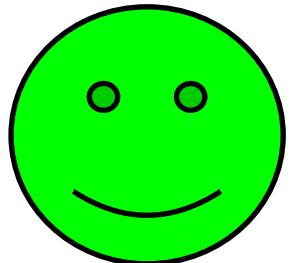
Deconvolução de Euler



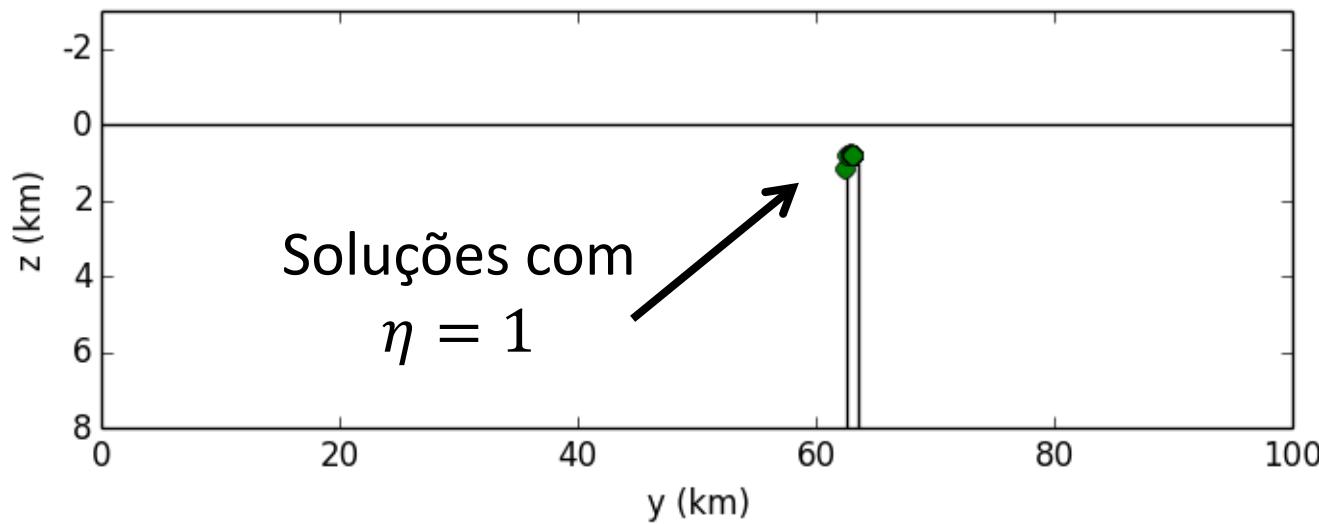
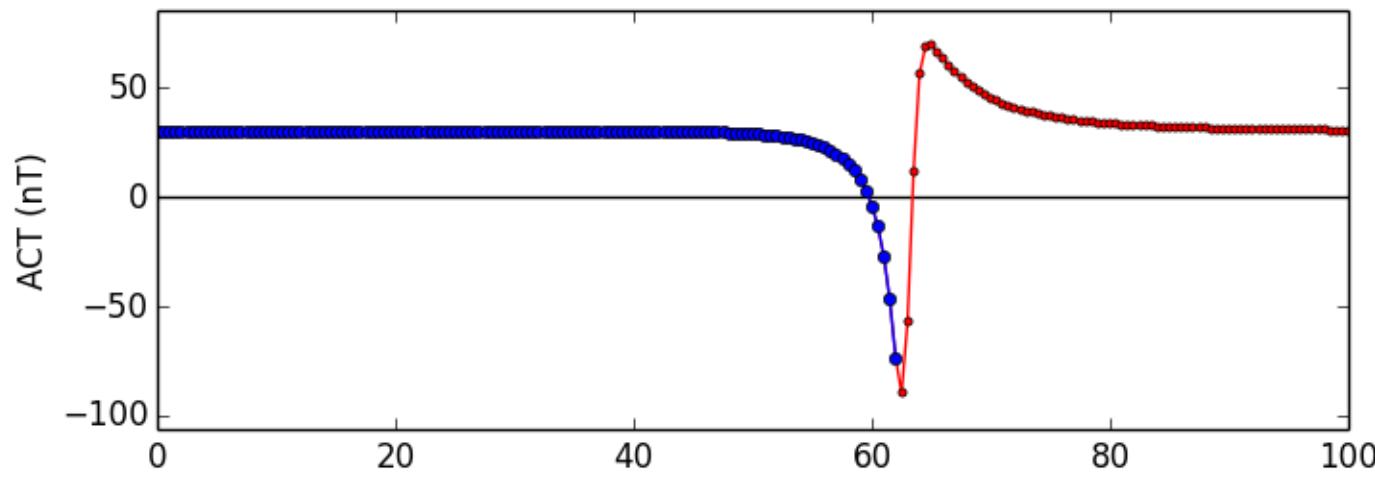
Exemplos do que se deve fazer



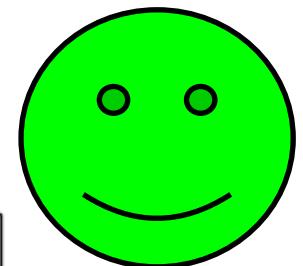
Deconvolução de Euler



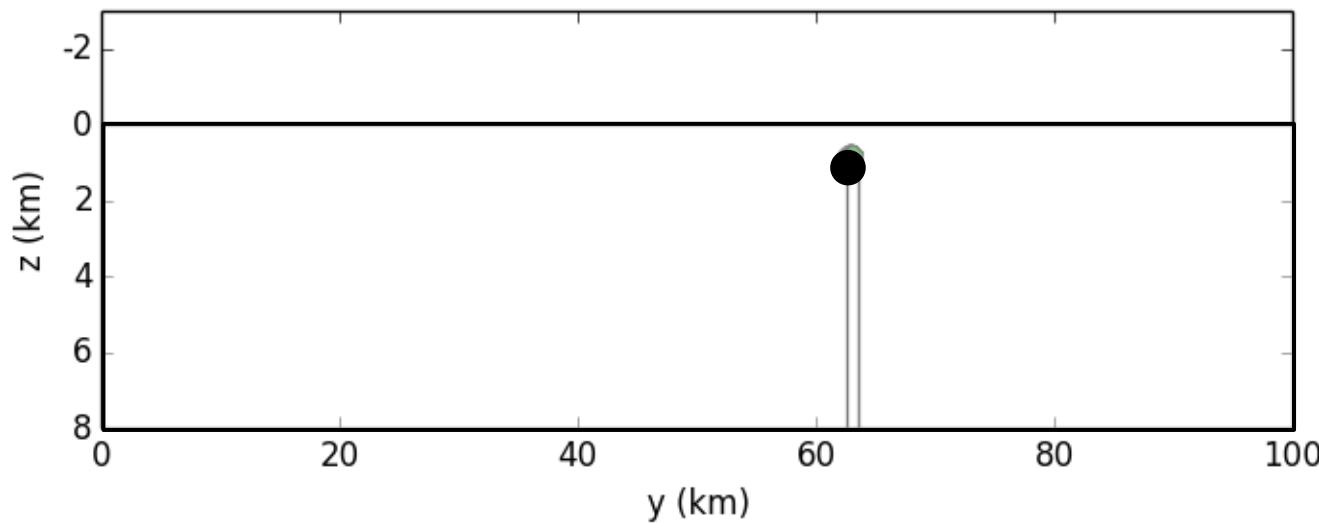
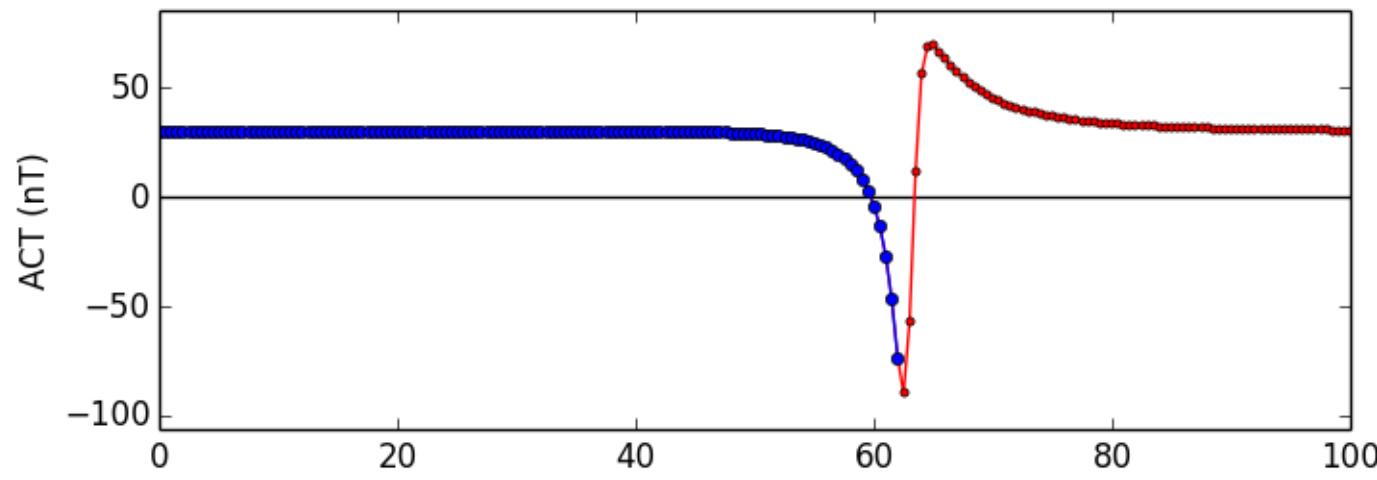
Exemplos do que se deve fazer



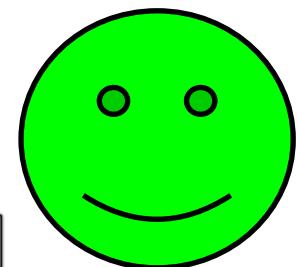
Deconvolução de Euler



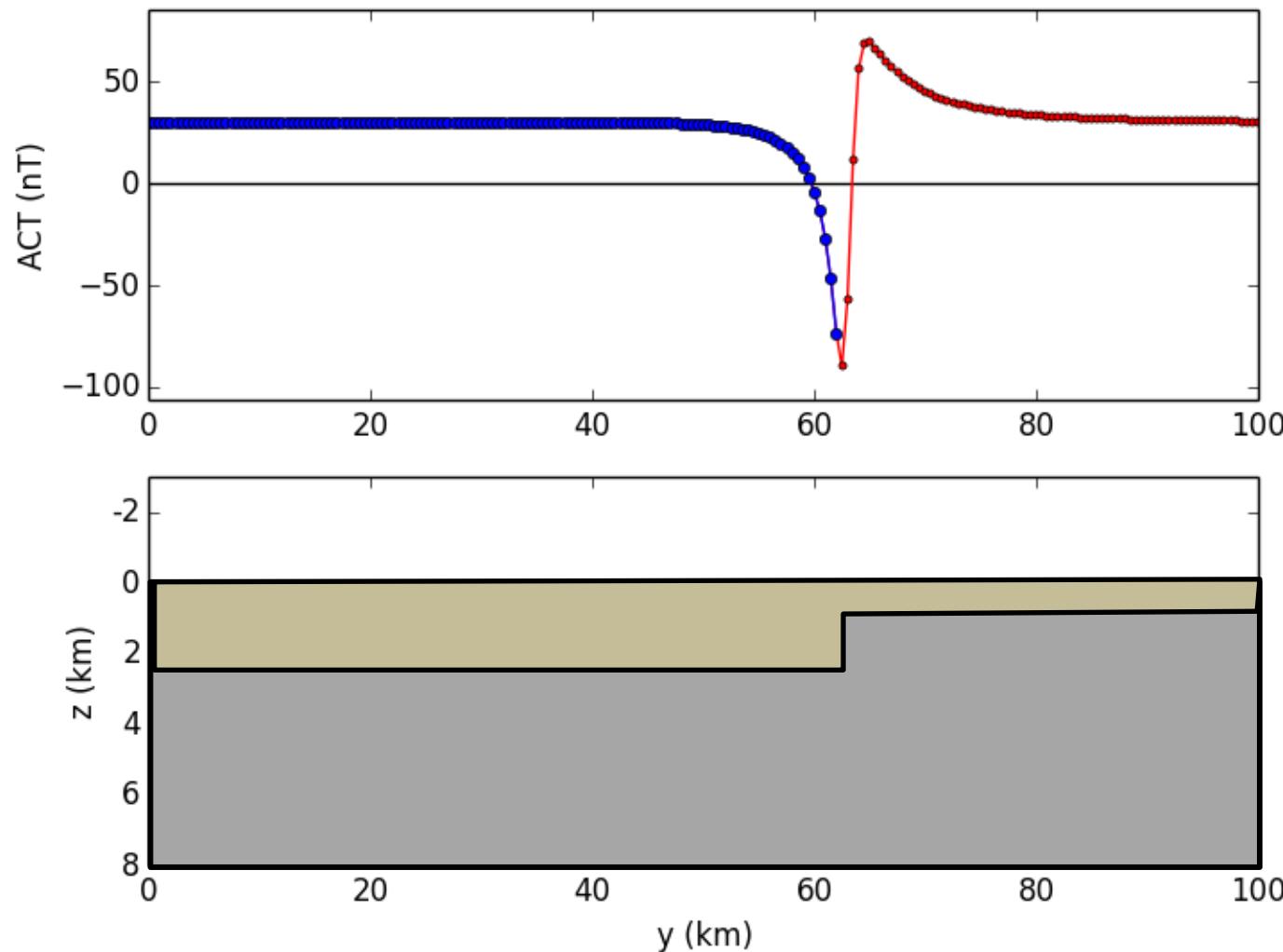
Exemplos do que se deve fazer



Deconvolução de Euler

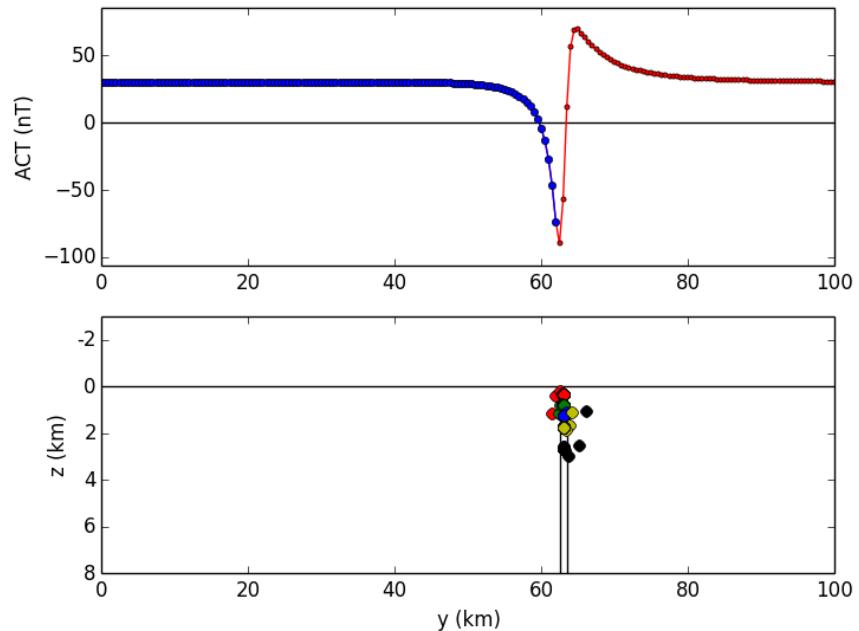


Exemplos do que se deve fazer



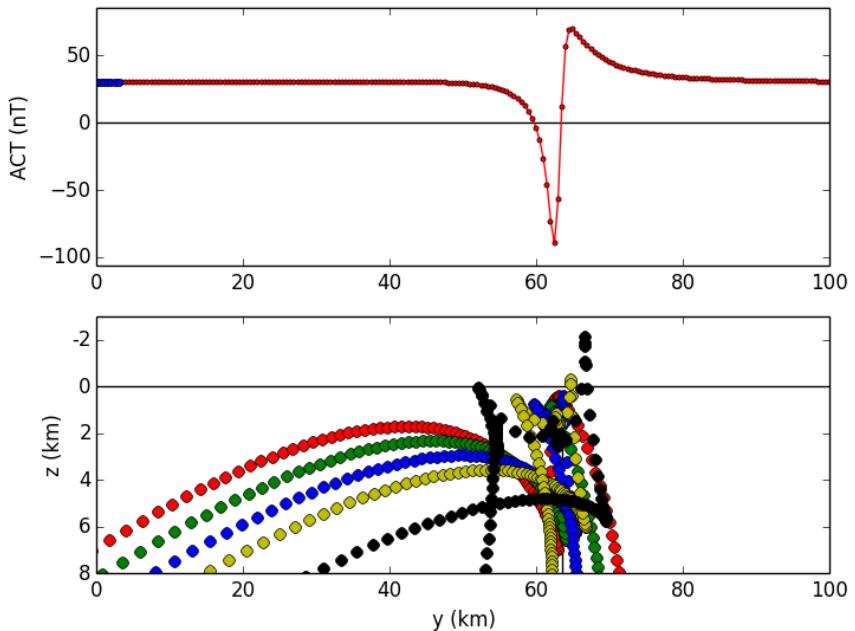
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

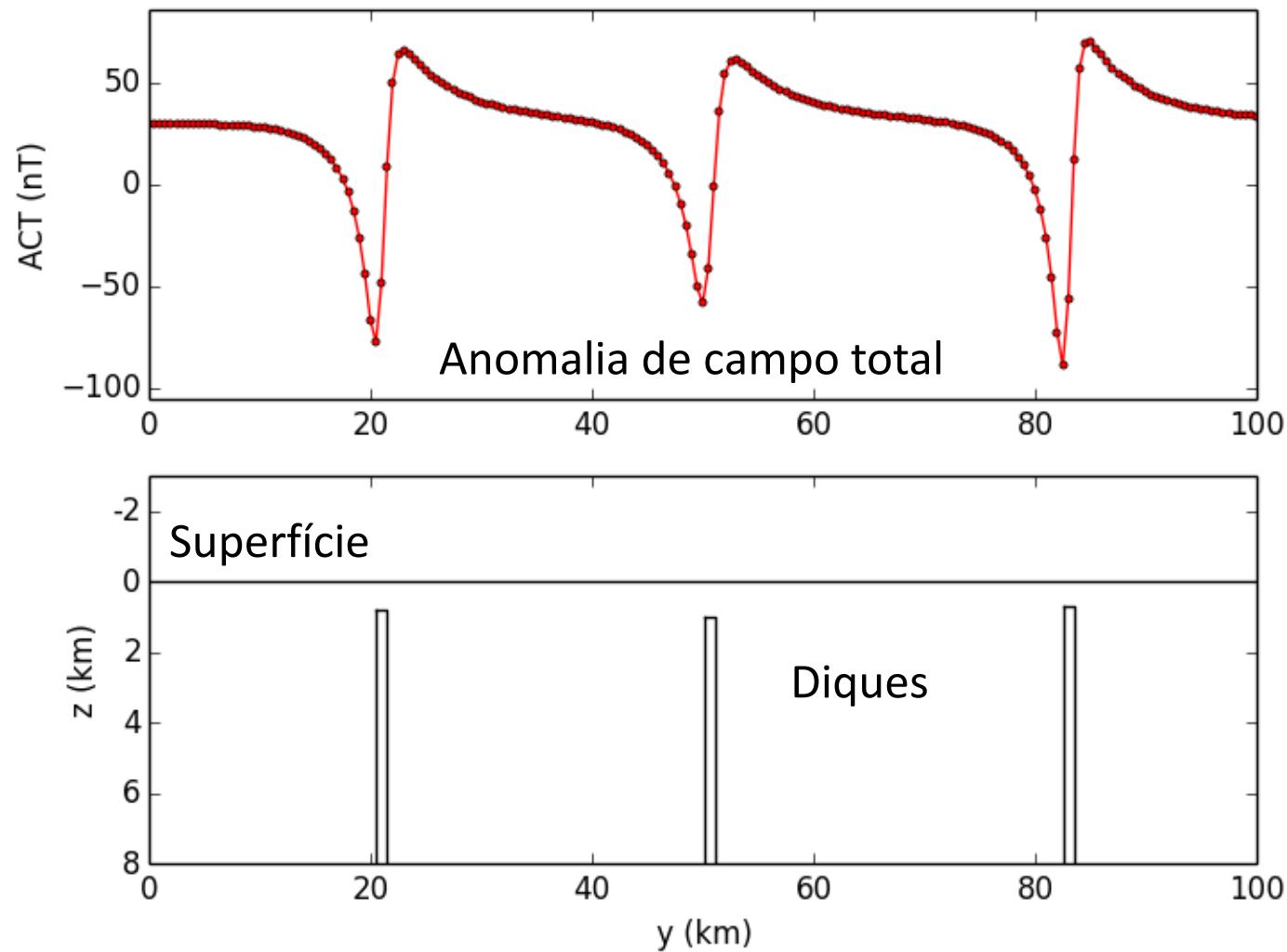
Janelas pequenas



Muitas estimativas

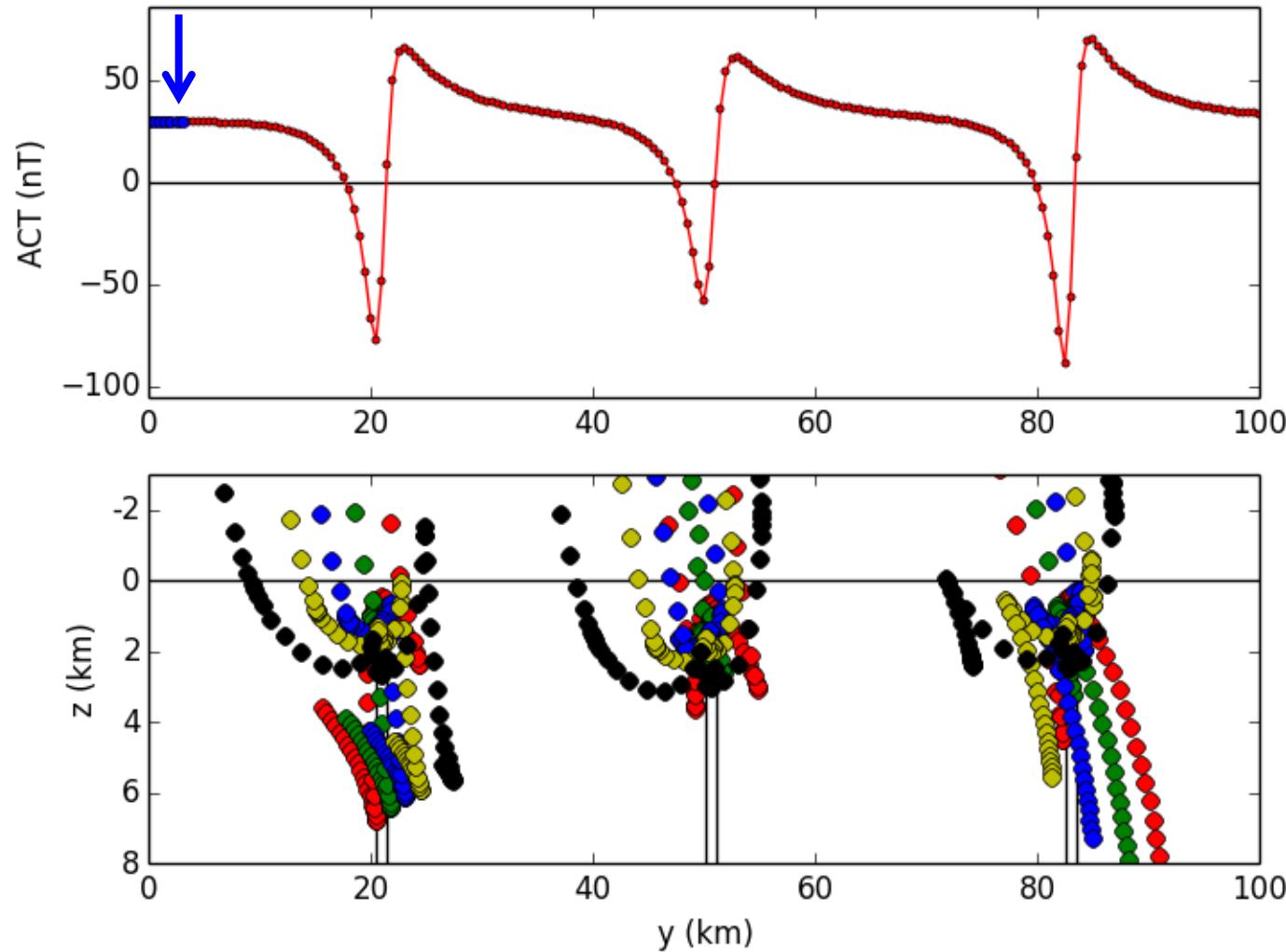
A abordagem de janelas móveis é útil
para a interpretação da múltiplas fontes

Deconvolução de Euler



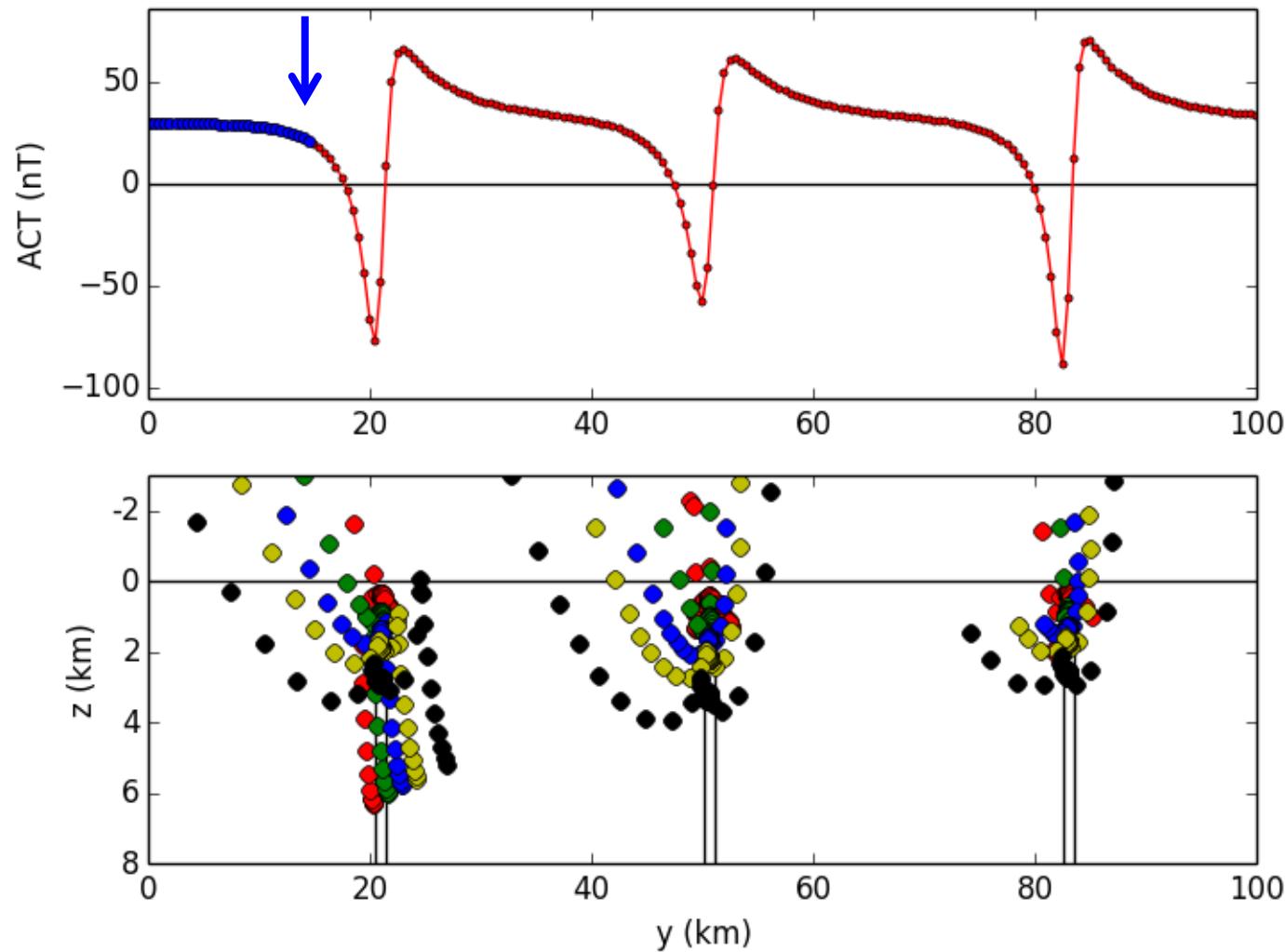
Deconvolução de Euler

Janelas de 7 dados



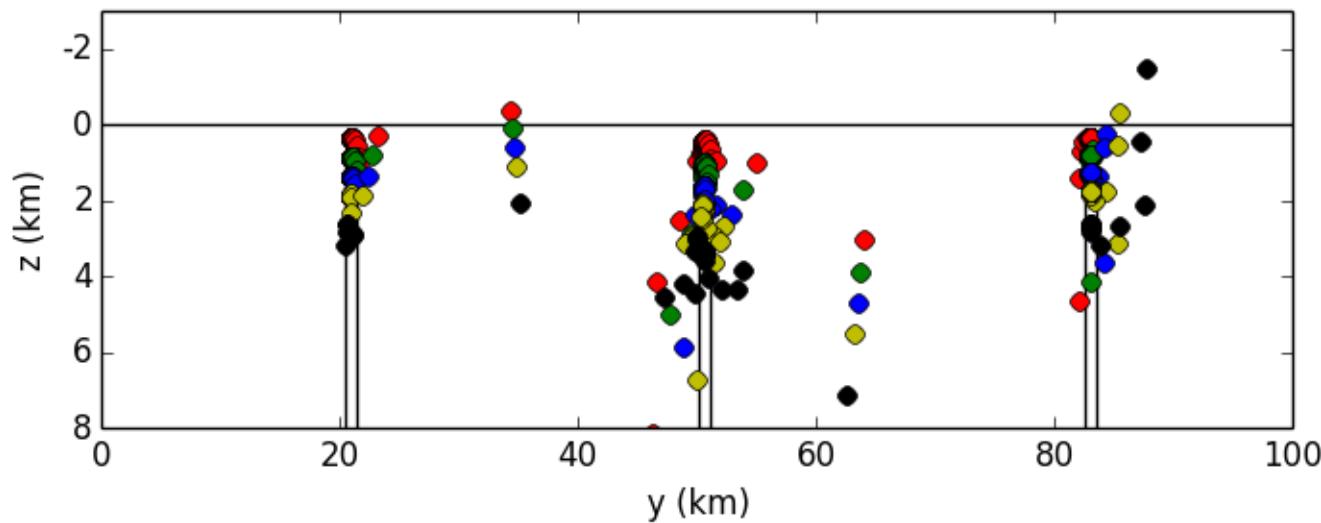
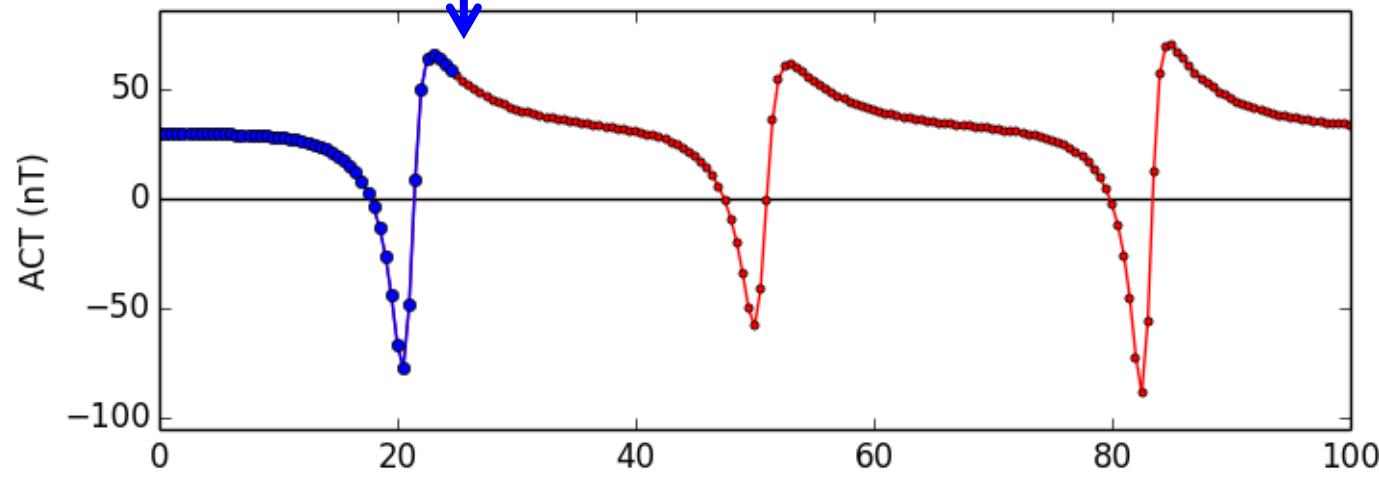
Deconvolução de Euler

Janelas de 30 dados



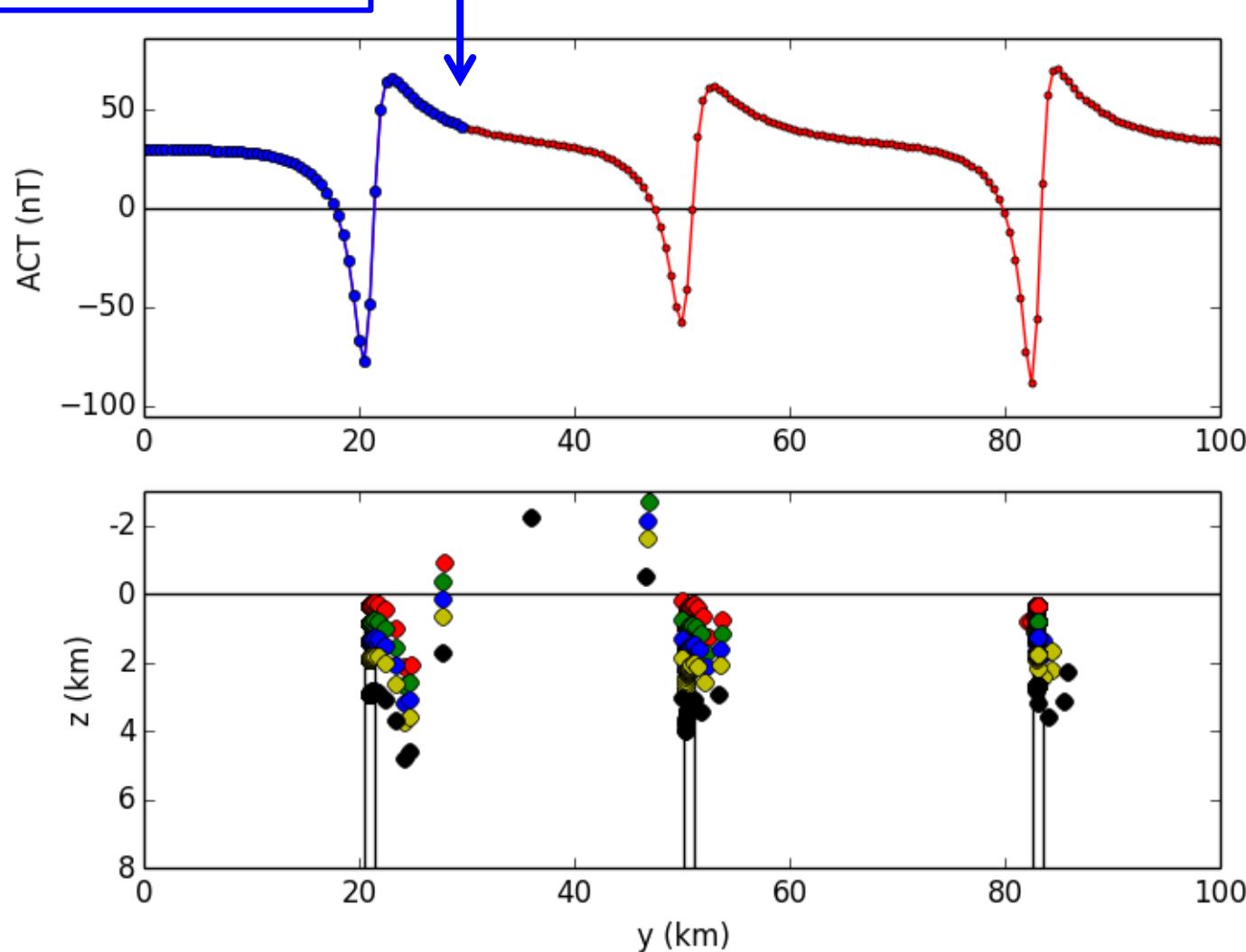
Deconvolução de Euler

Janelas de 50 dados



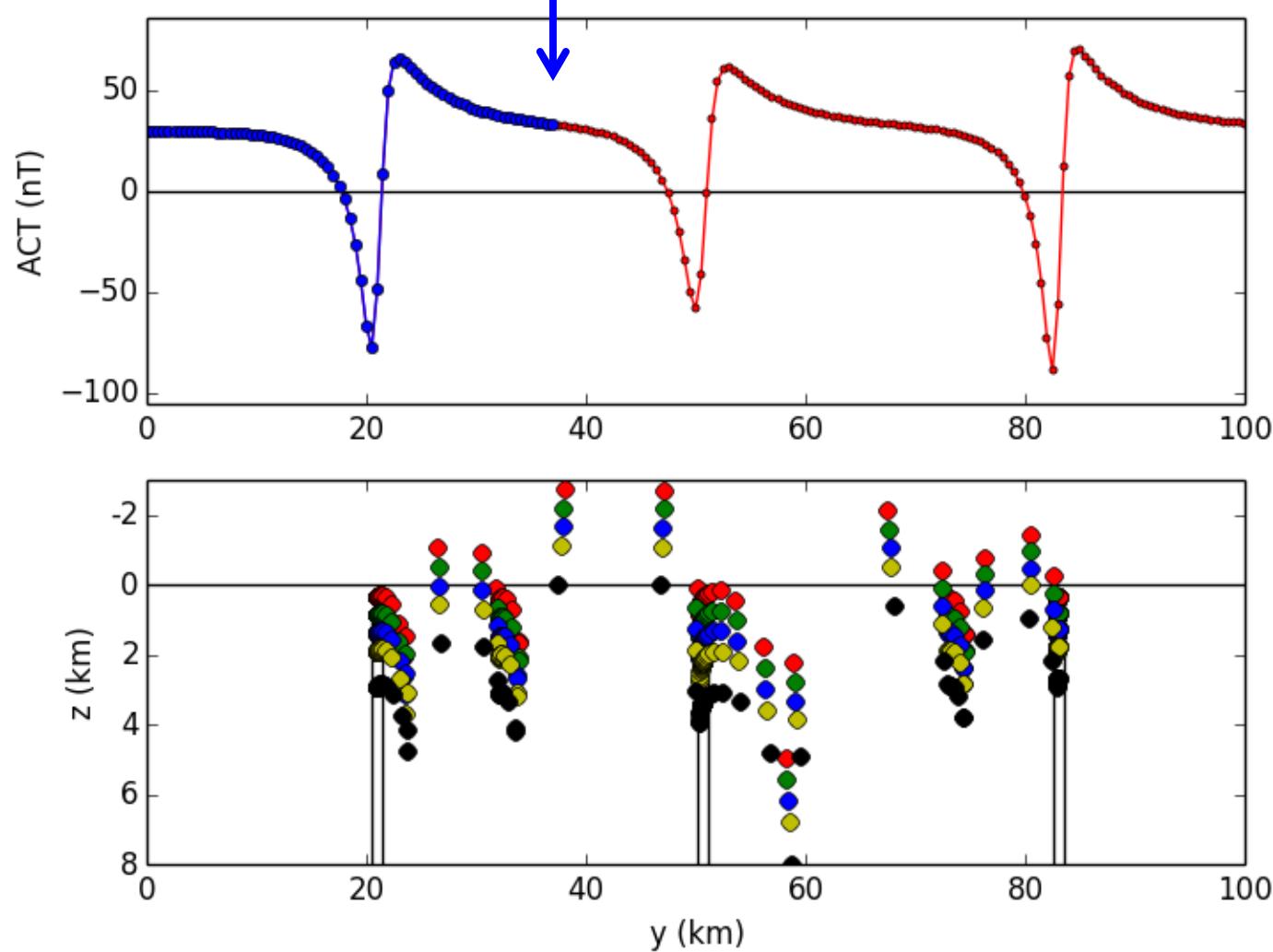
Deconvolução de Euler

Janelas de 60 dados



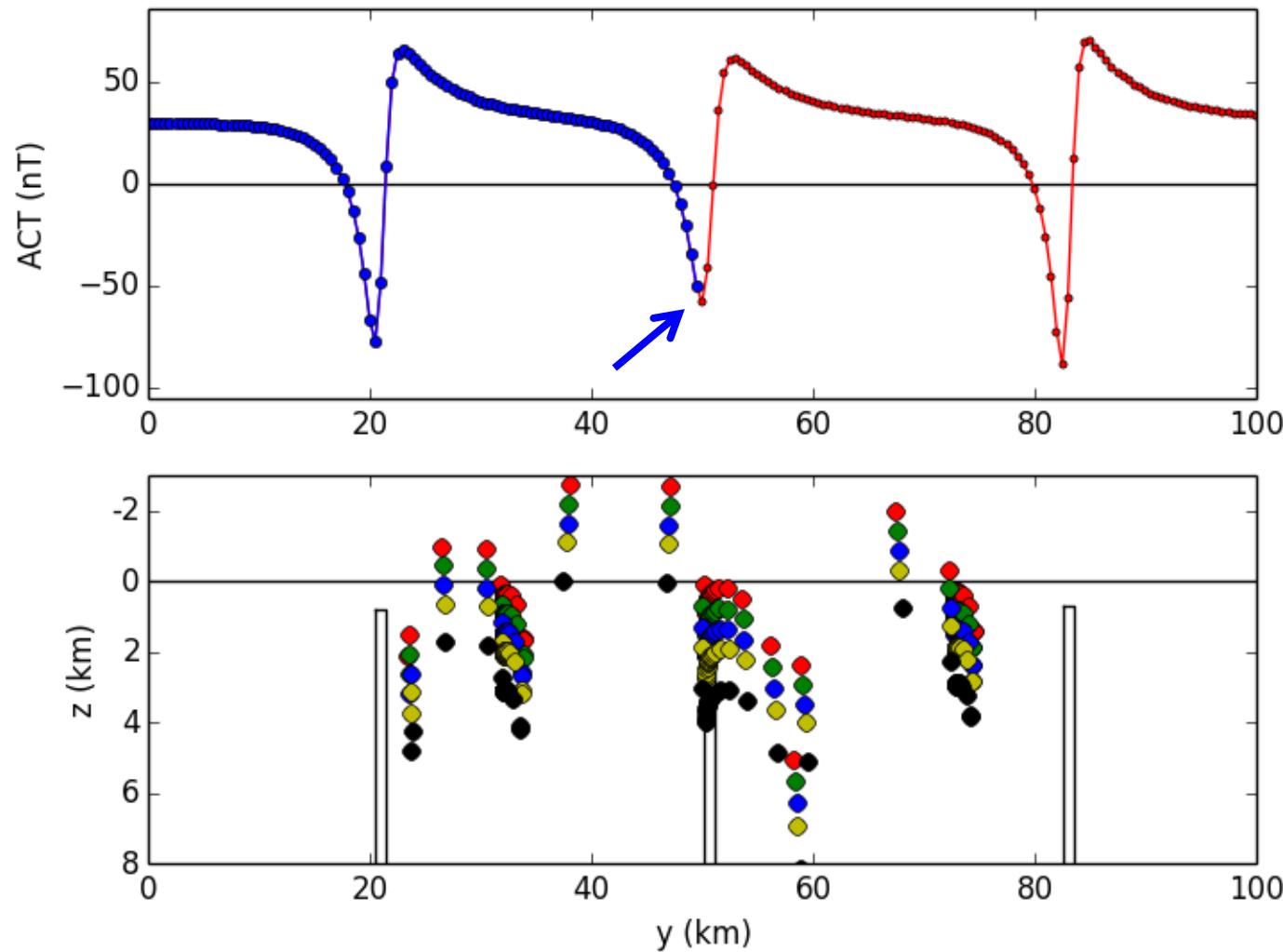
Deconvolução de Euler

Janelas de 75 dados



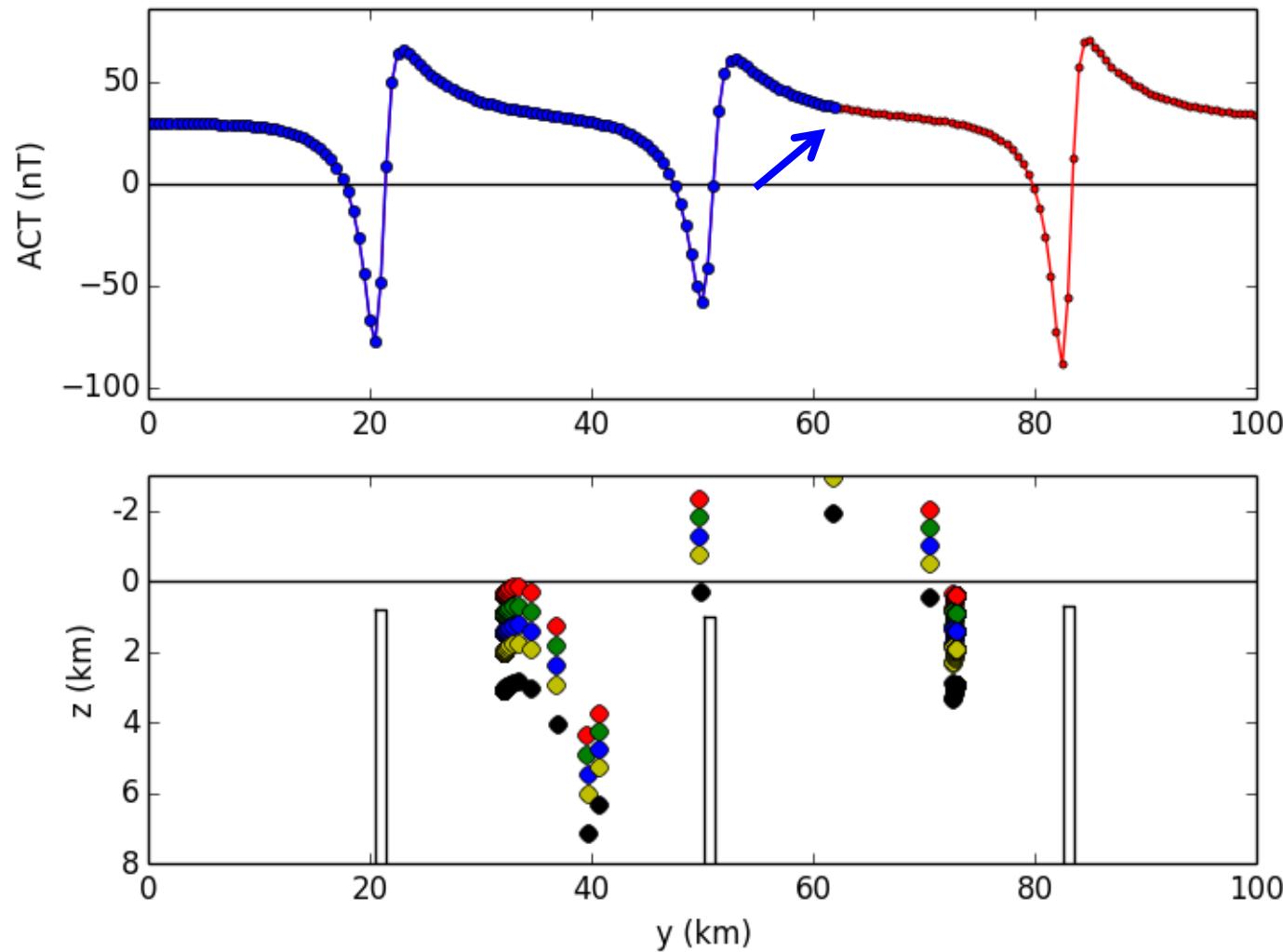
Deconvolução de Euler

Janelas de 100 dados



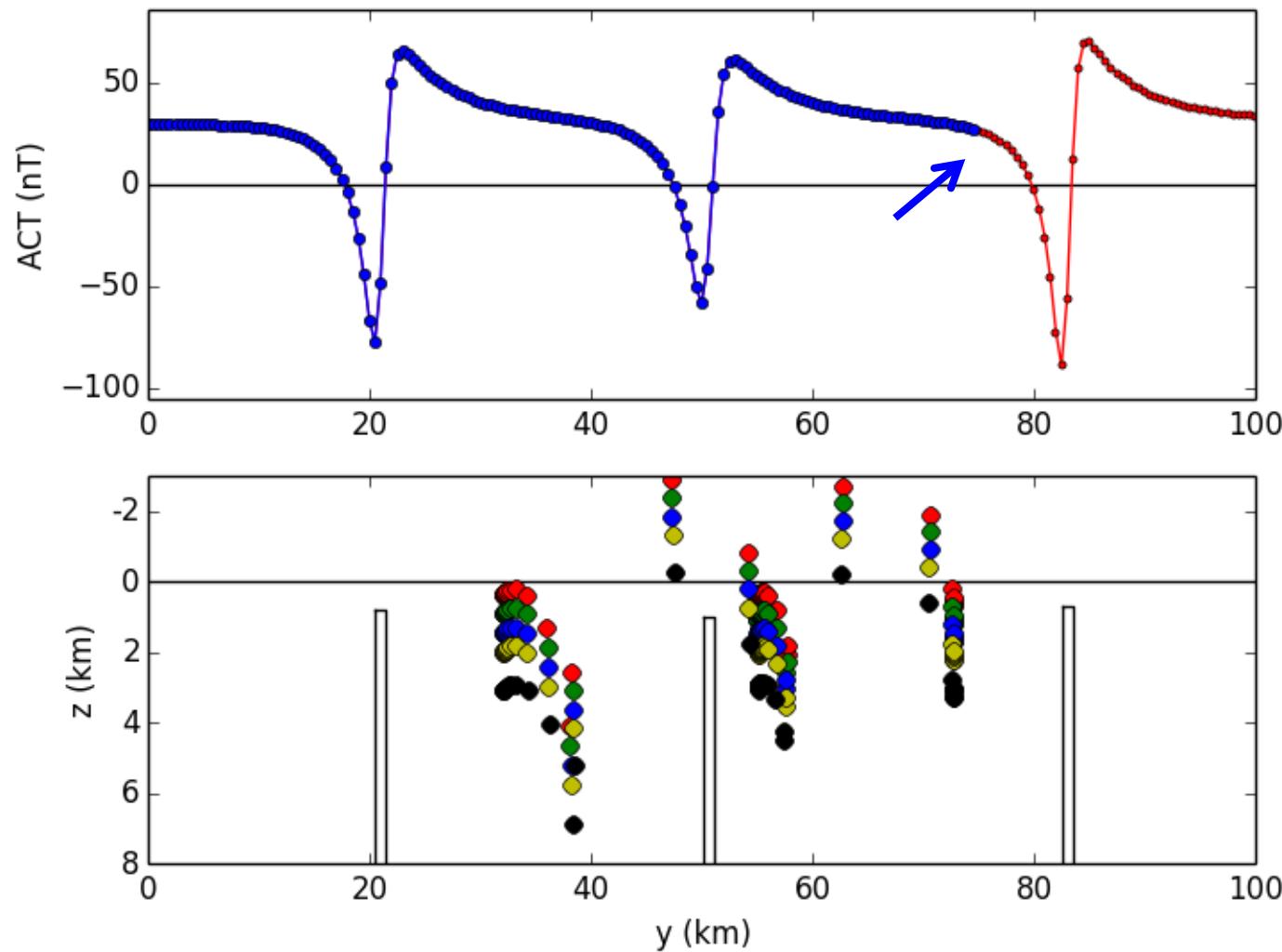
Deconvolução de Euler

Janelas de 125 dados



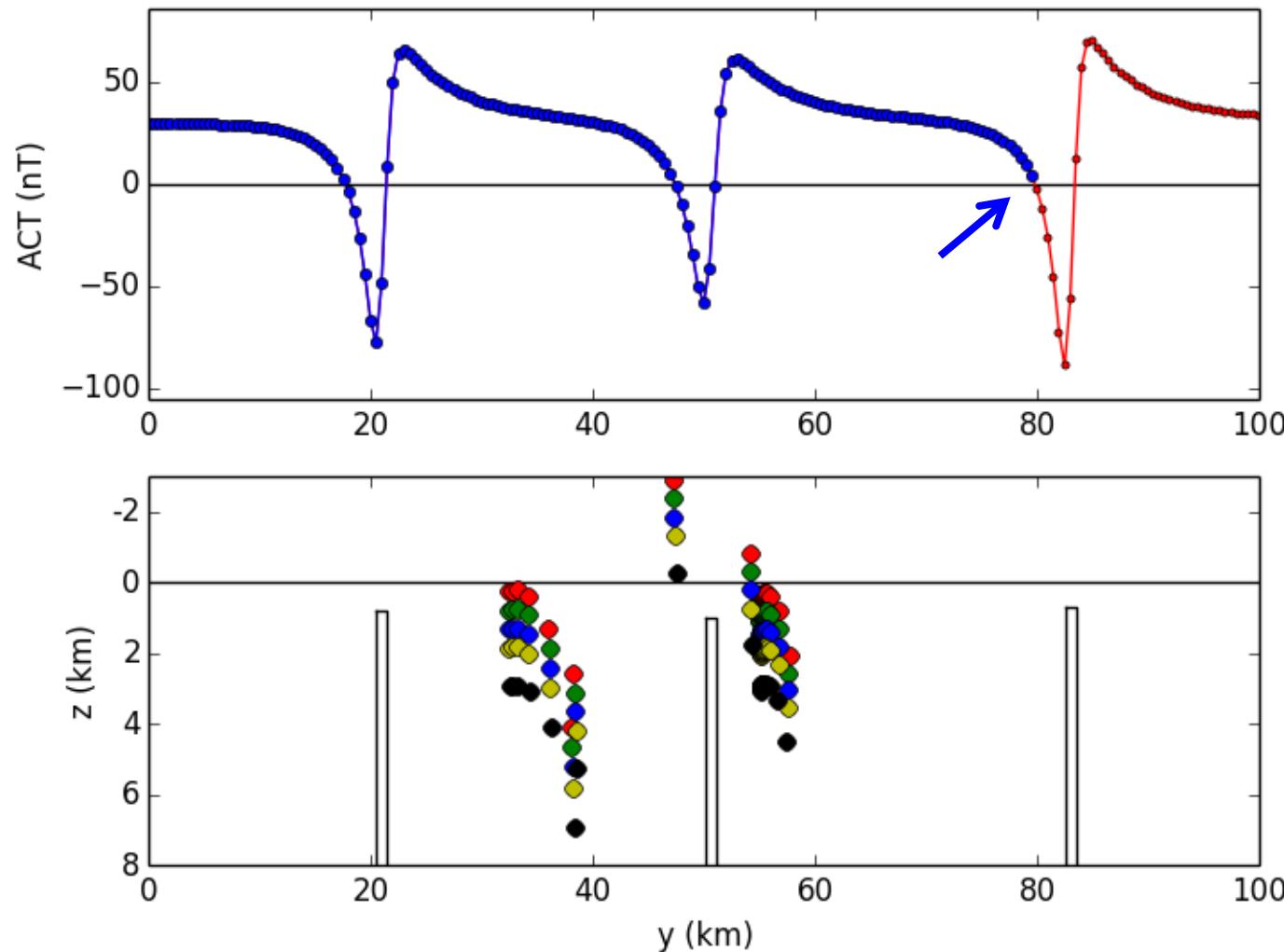
Deconvolução de Euler

Janelas de 150 dados



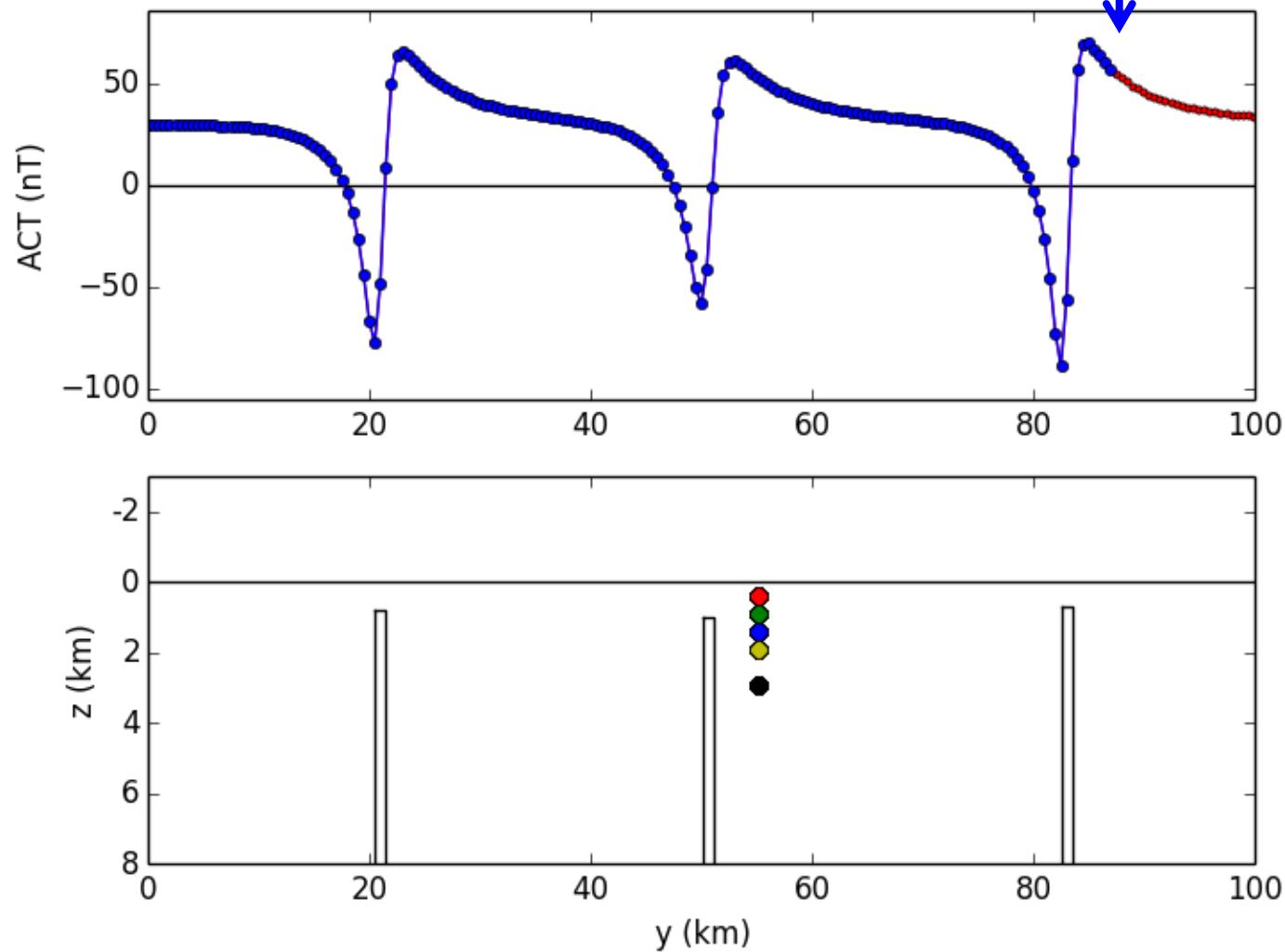
Deconvolução de Euler

Janelas de 160 dados



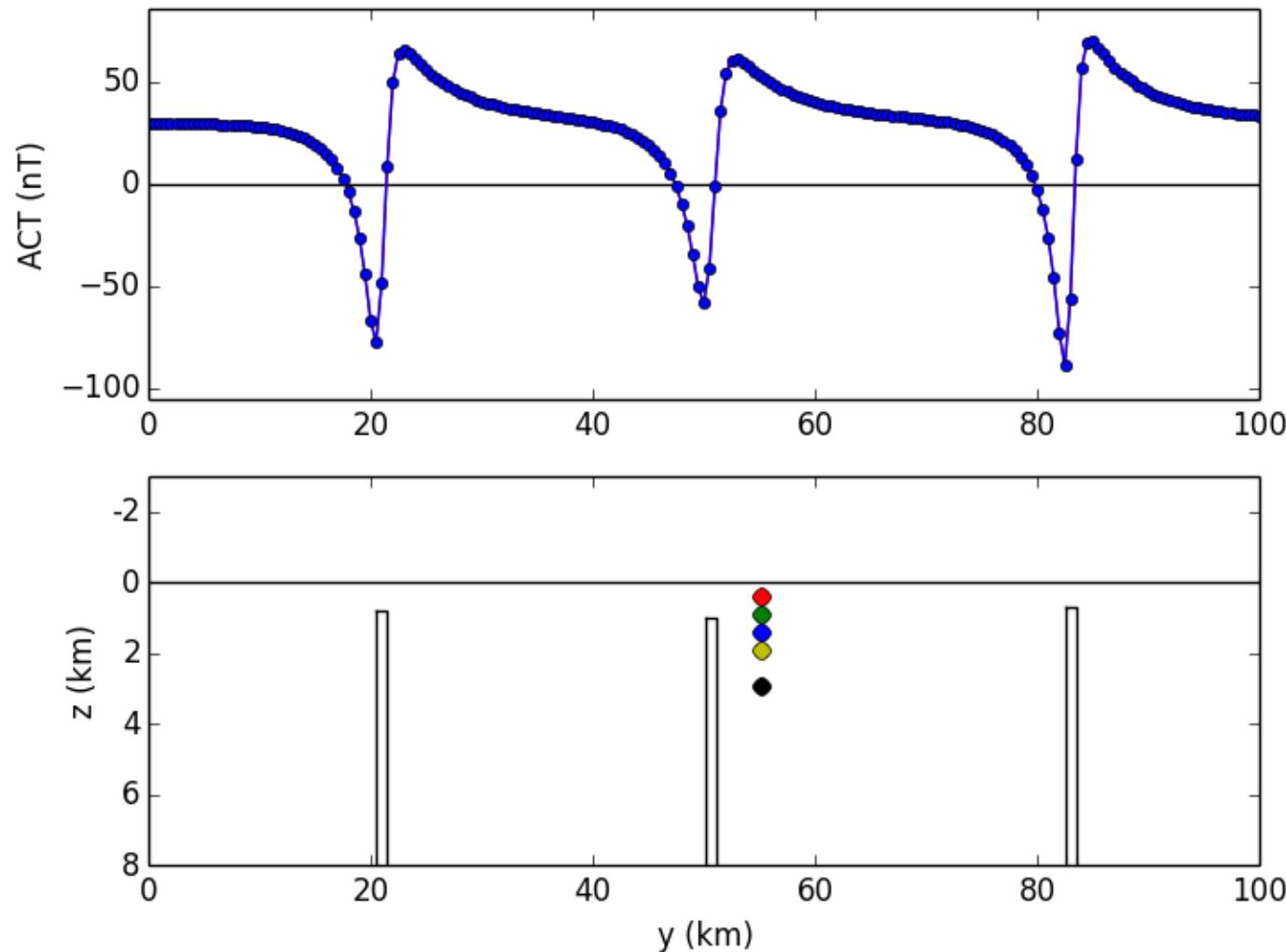
Deconvolução de Euler

Janelas de 175 dados



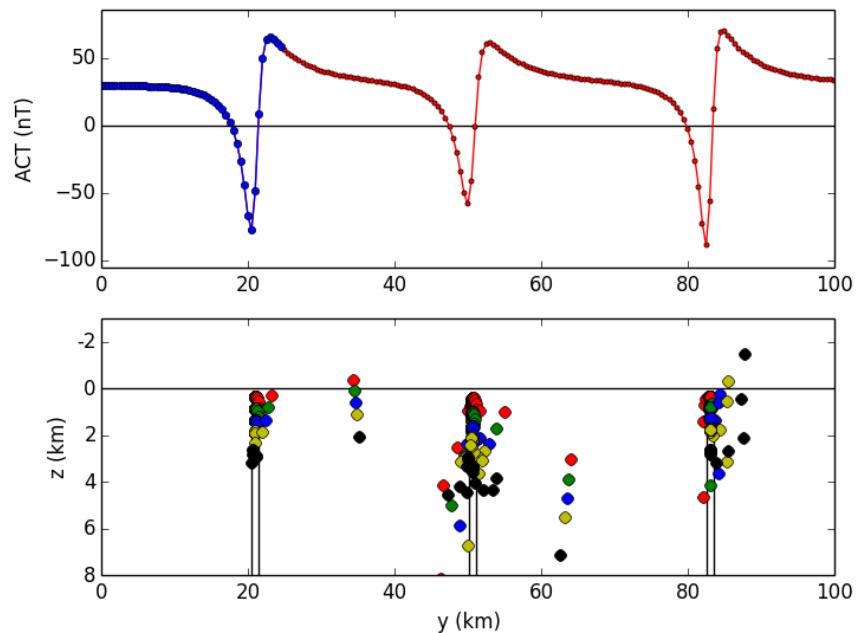
Deconvolução de Euler

Janelas de 201 dados (todos)



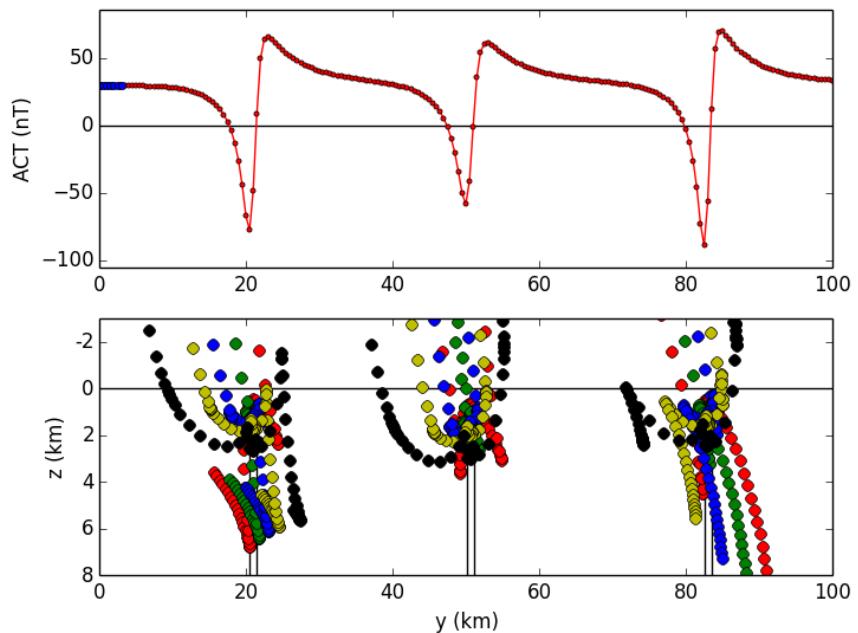
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

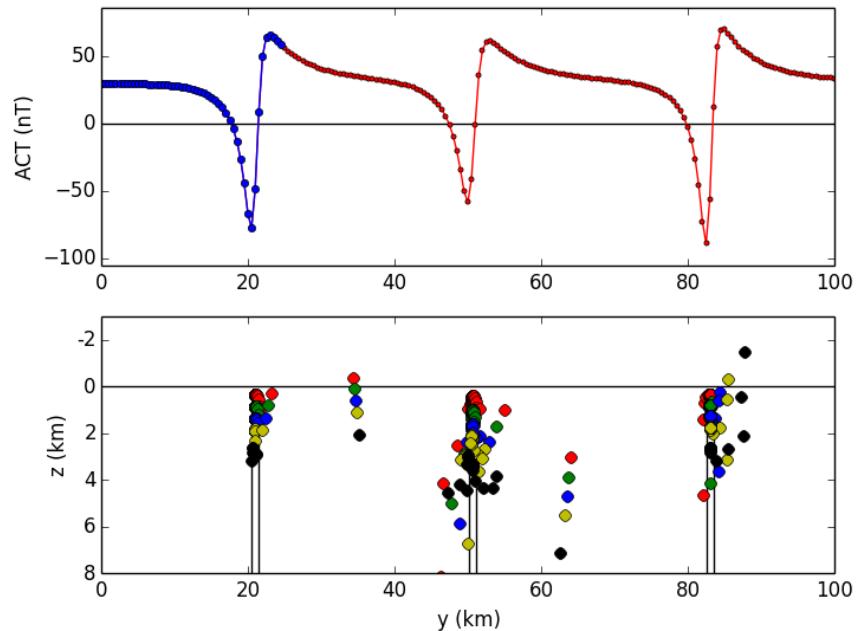
Janelas pequenas



Muitas estimativas

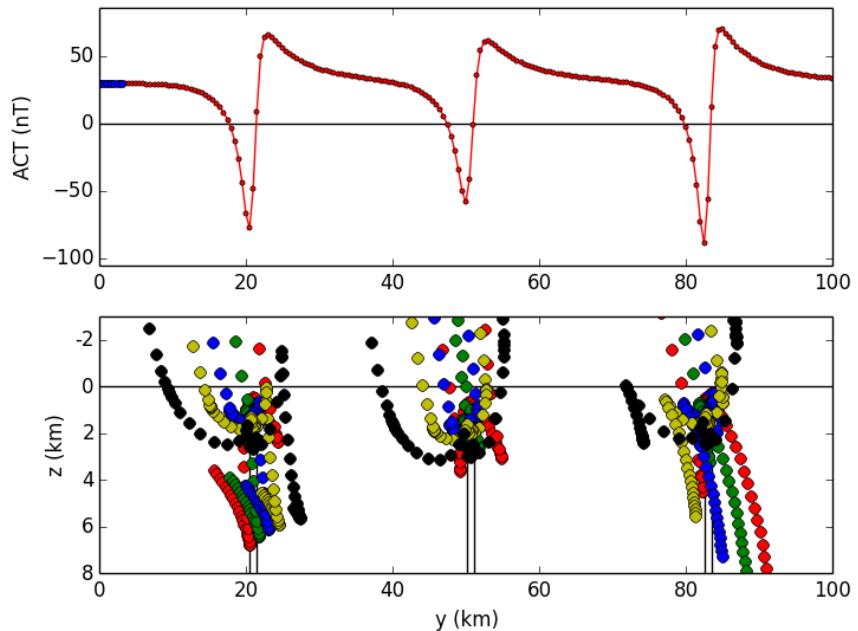
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas

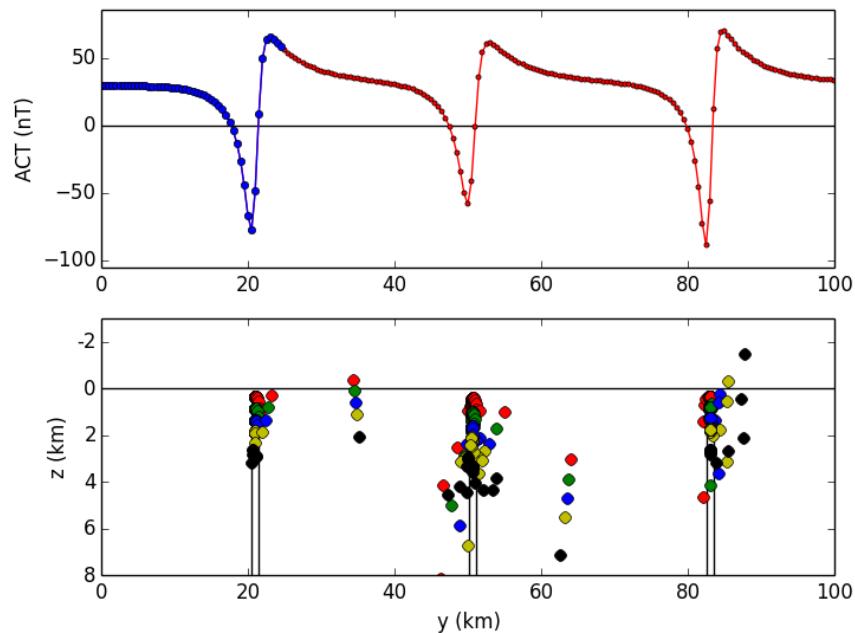


Muitas estimativas

A abordagem de janelas móveis é útil para a interpretação da múltiplas fontes

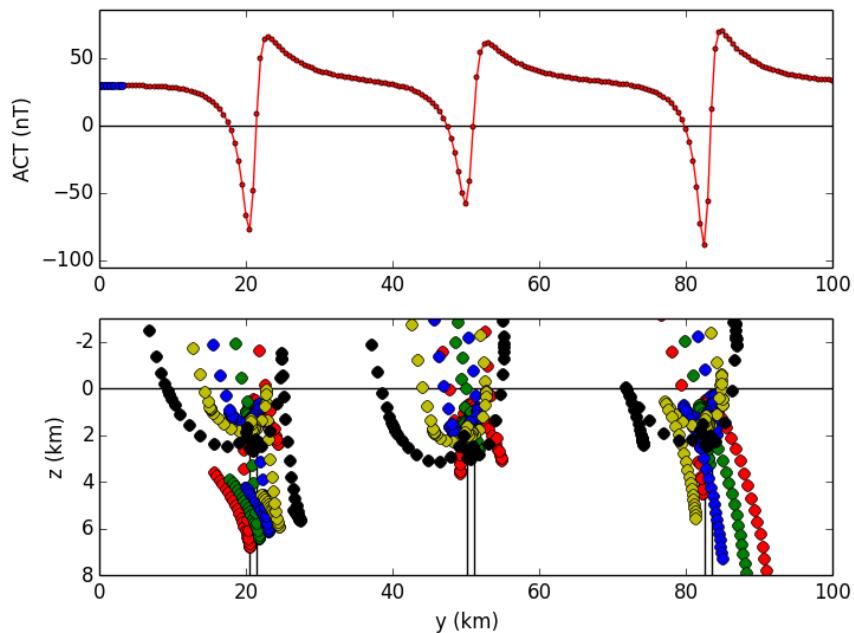
Deconvolução de Euler

Janelas grandes



Poucas estimativas

Janelas pequenas



Muitas estimativas

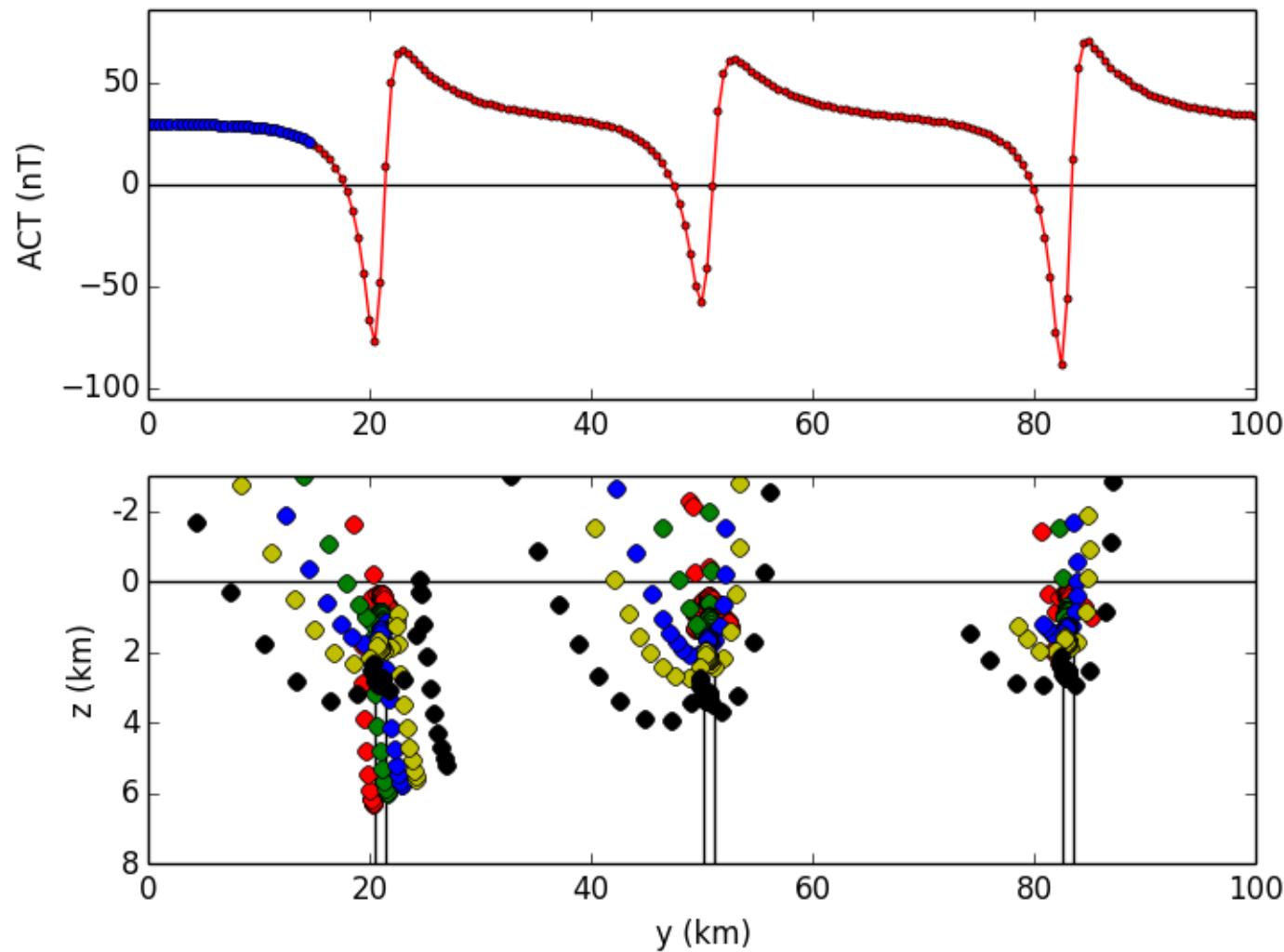
A abordagem de janelas móveis é útil para a interpretação da múltiplas fontes

Mas requer um método para a escolha das “melhores” soluções

Deconvolução de Euler

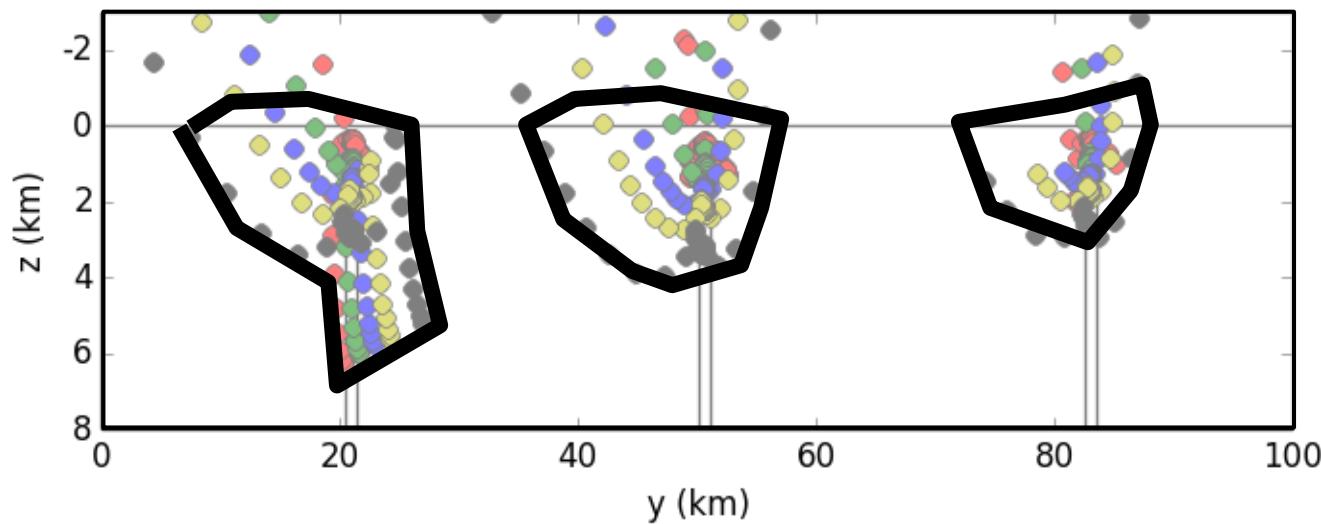
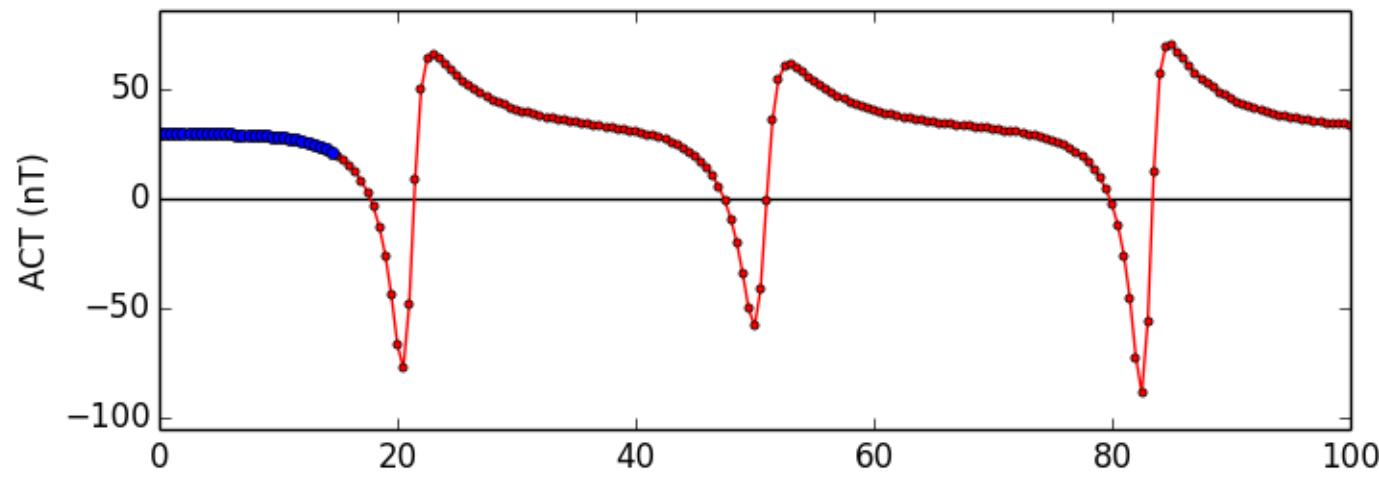


Exemplos do que NÃO se deve fazer

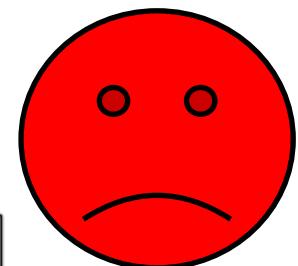


Deconvolução de Euler

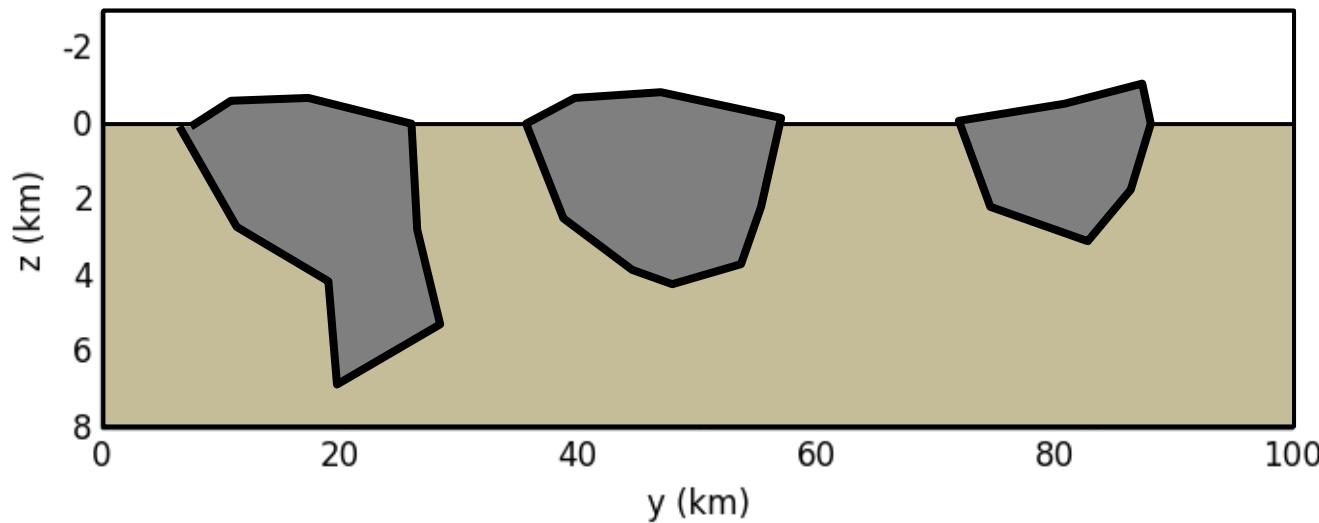
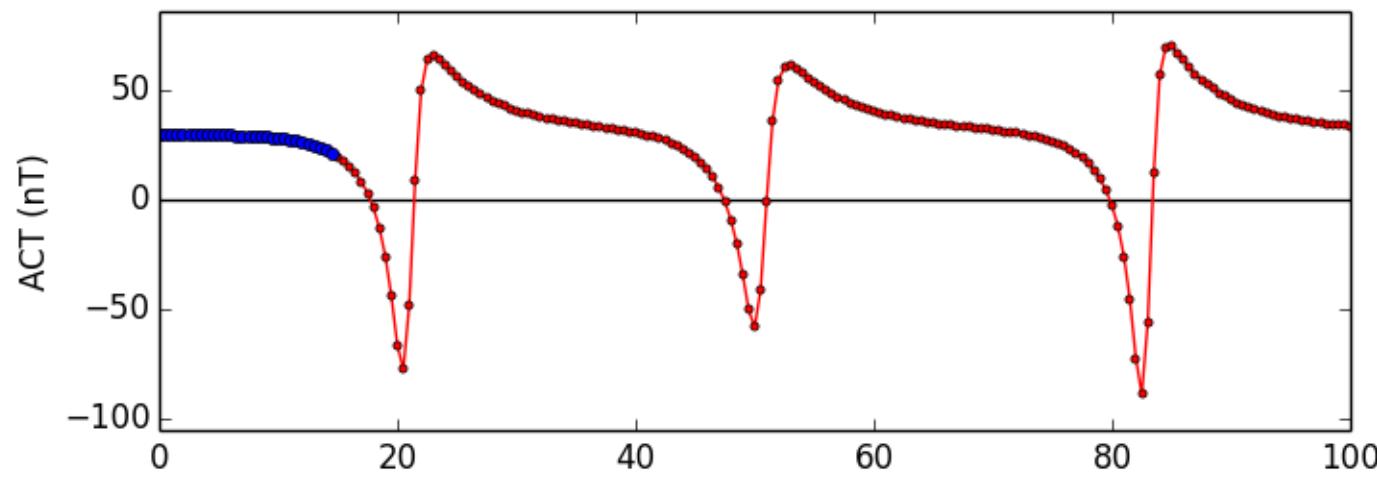
Exemplos do que NÃO se deve fazer



Deconvolução de Euler

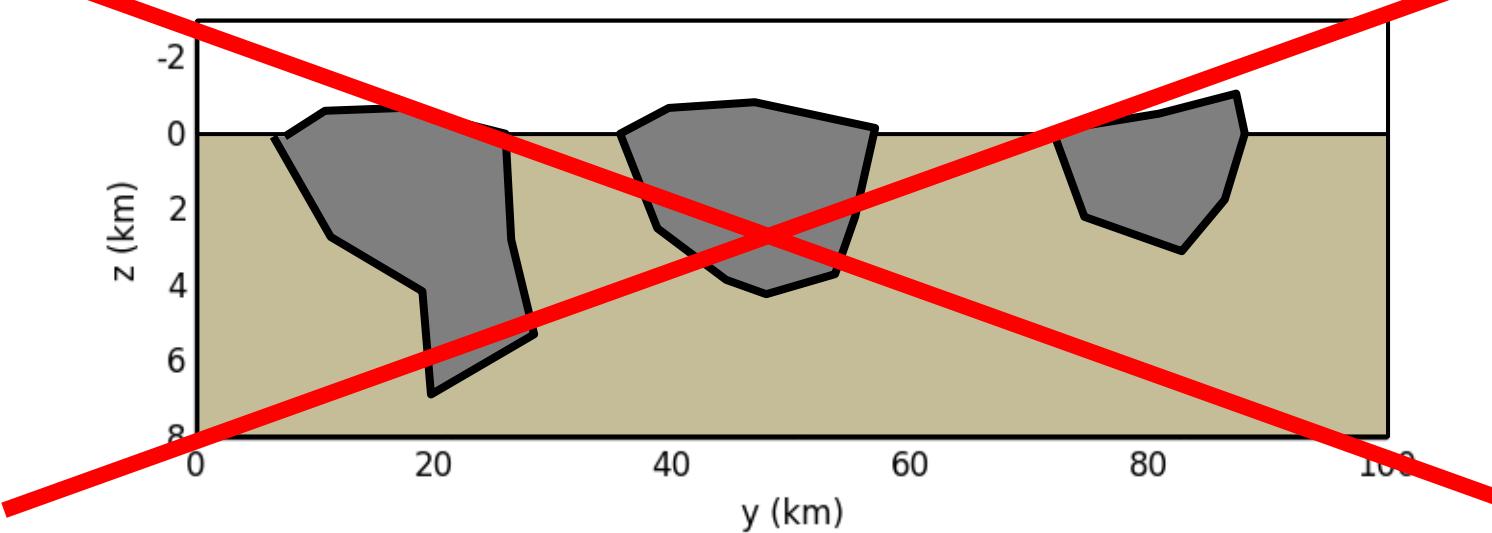
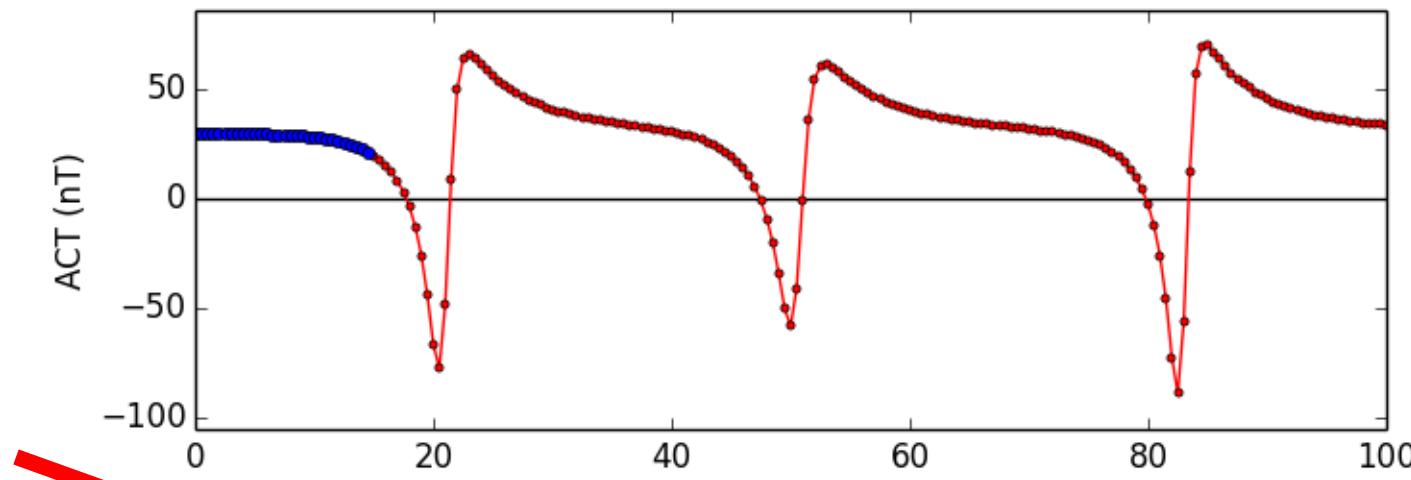


Exemplos do que NÃO se deve fazer



Deconvolução de Euler

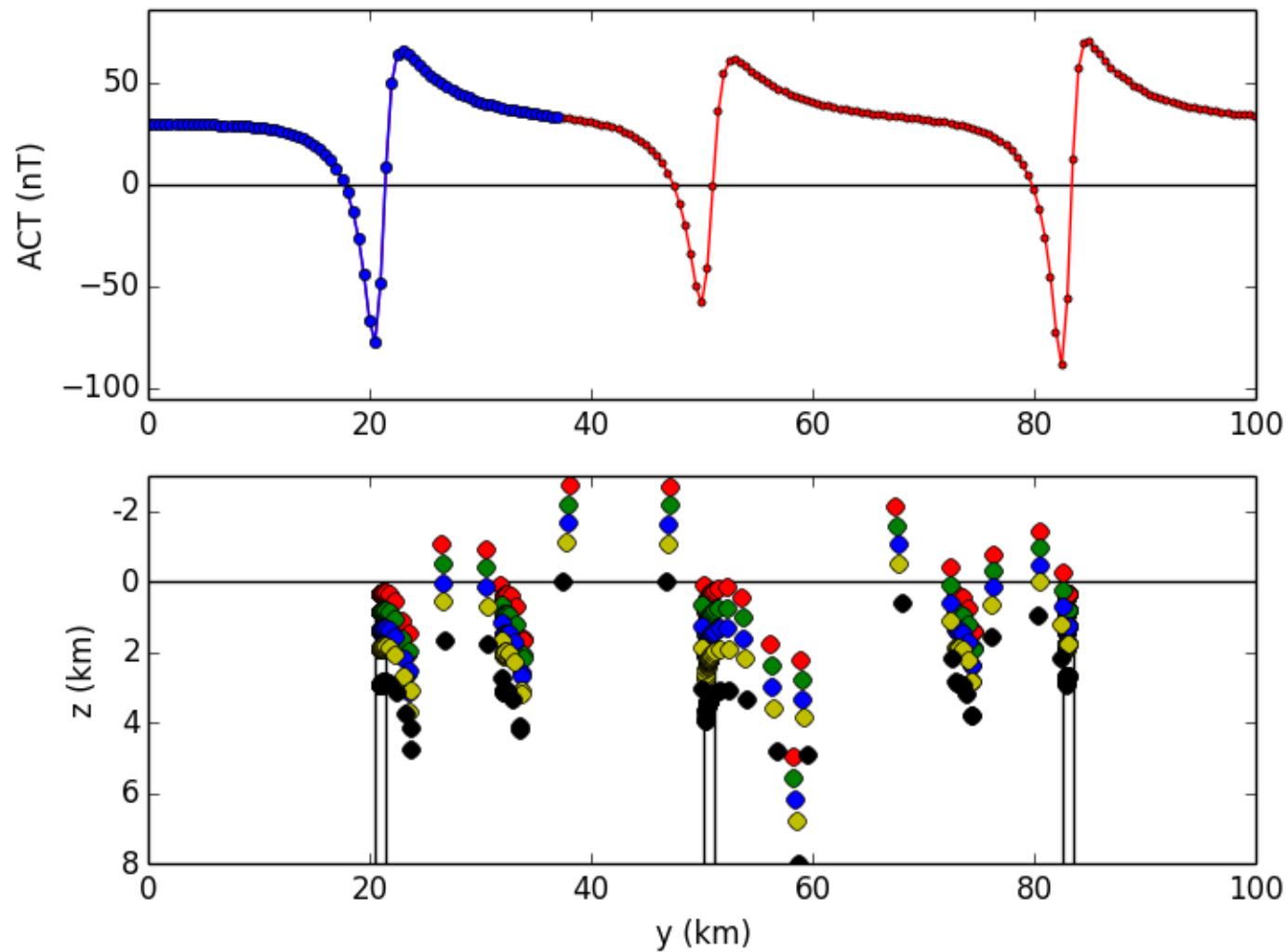
Exemplos do que NÃO se deve fazer



Deconvolução de Euler

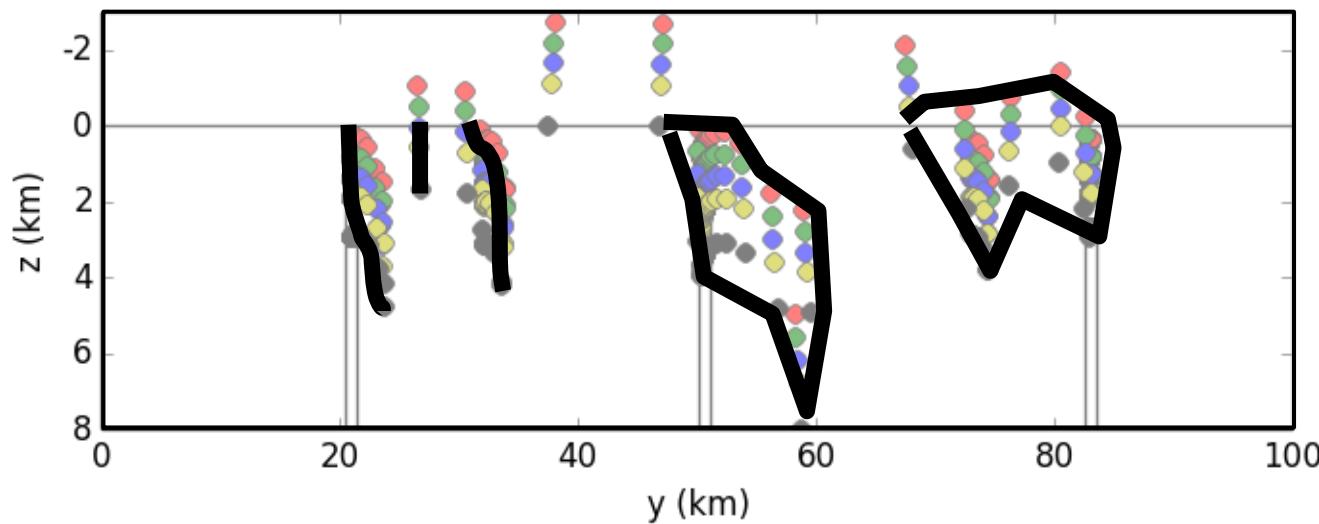
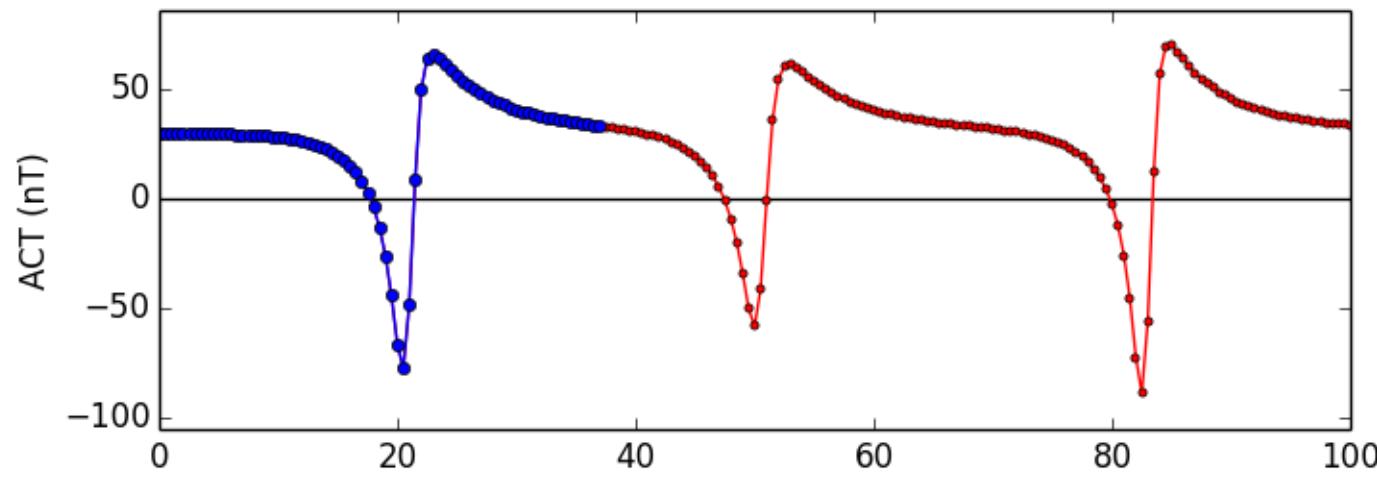
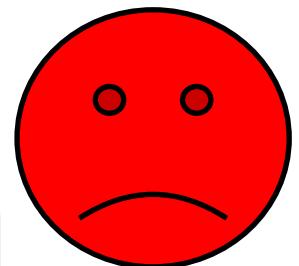


Exemplos do que NÃO se deve fazer



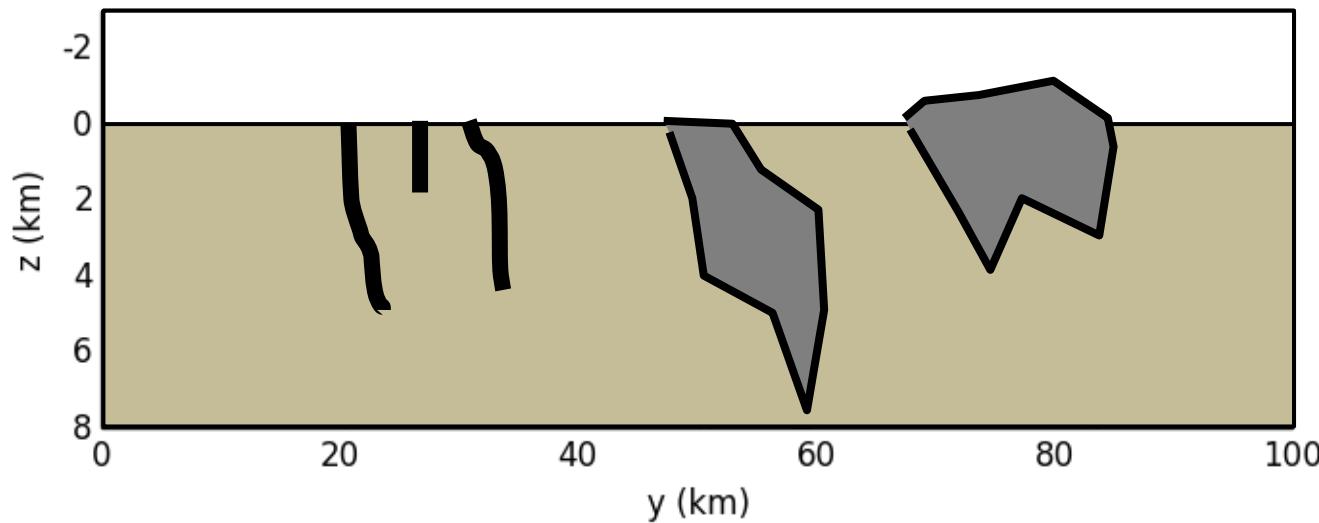
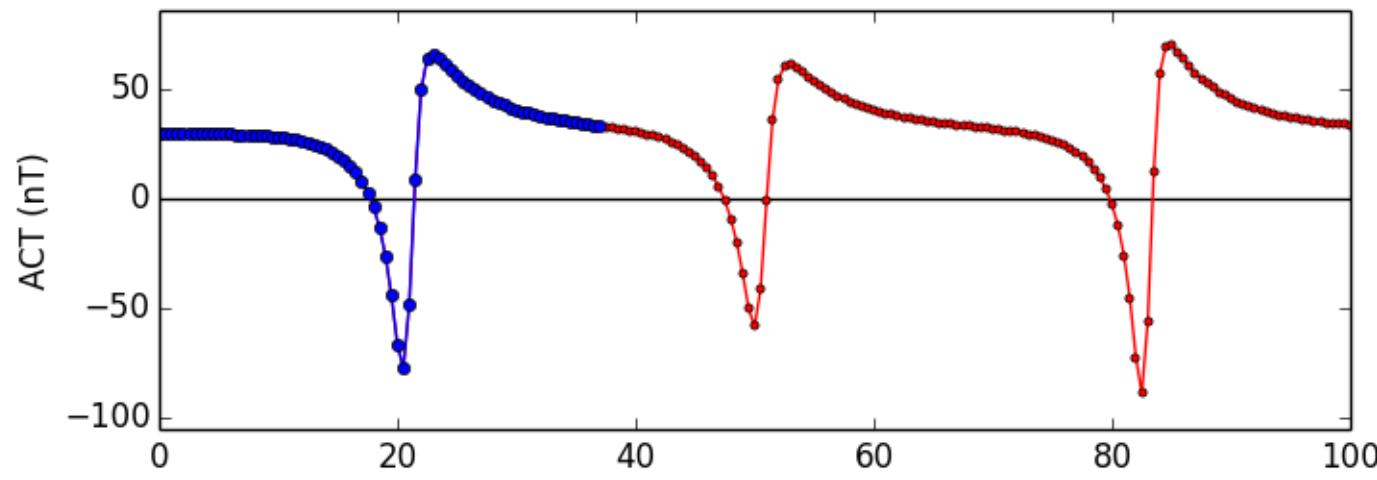
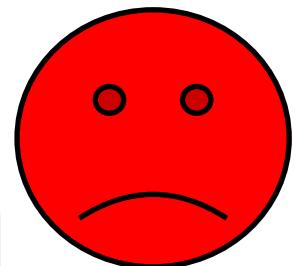
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer



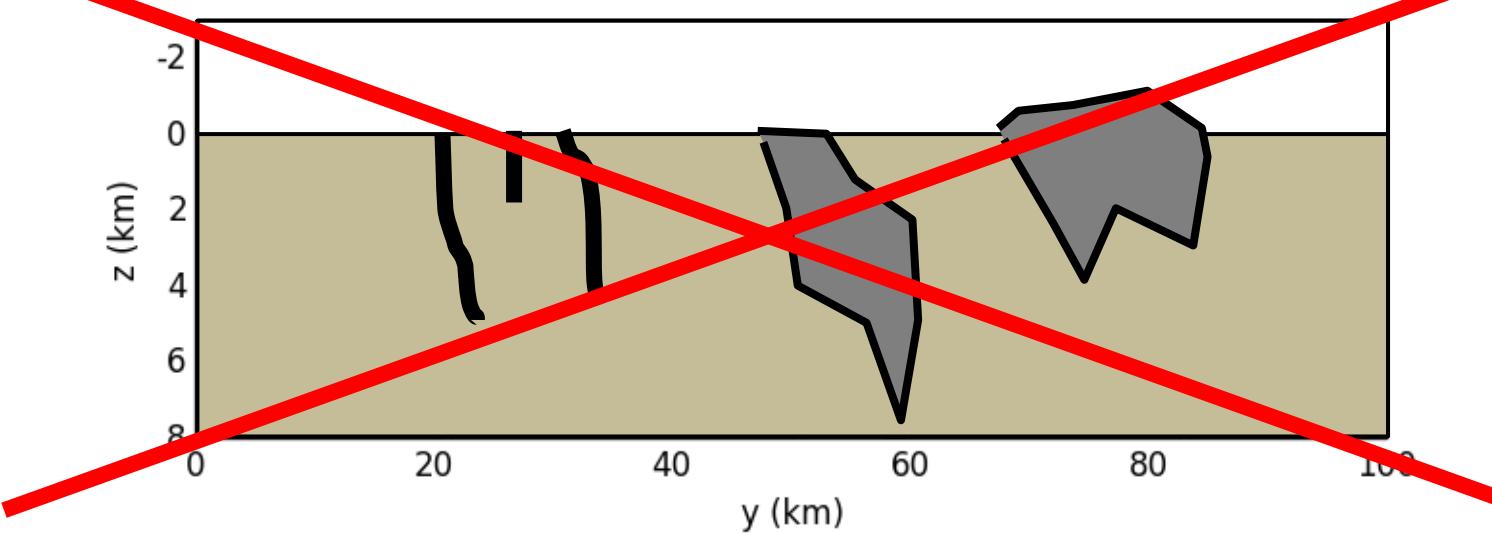
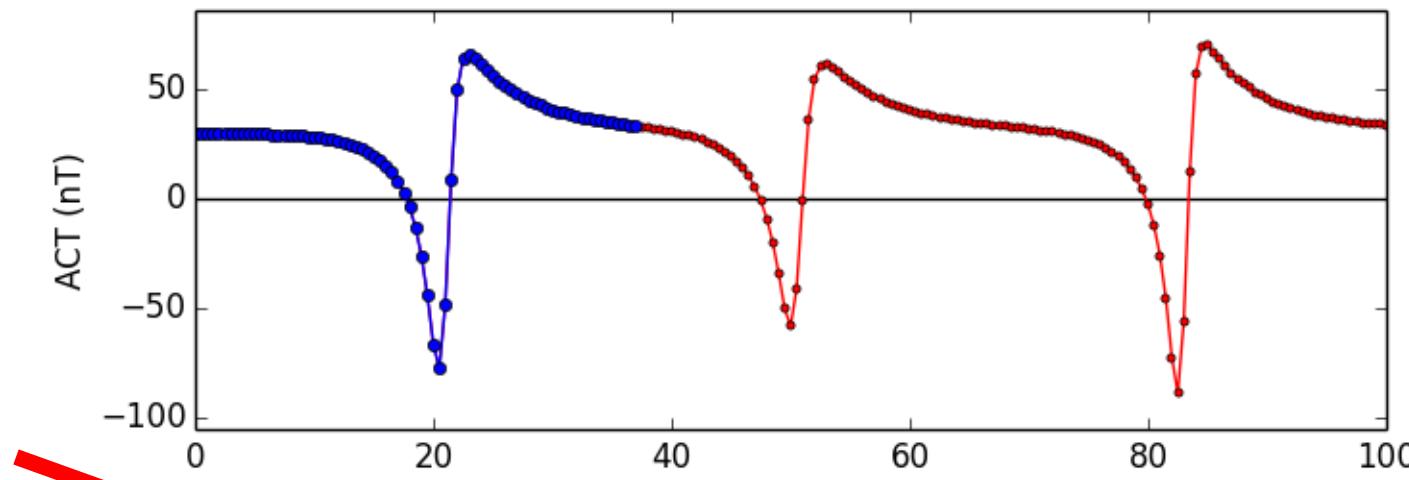
Deconvolução de Euler

Exemplos do que NÃO se deve fazer

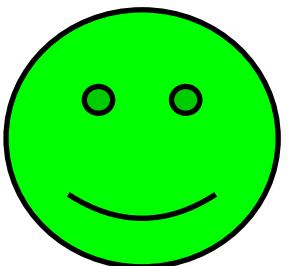


Deconvolução de Euler

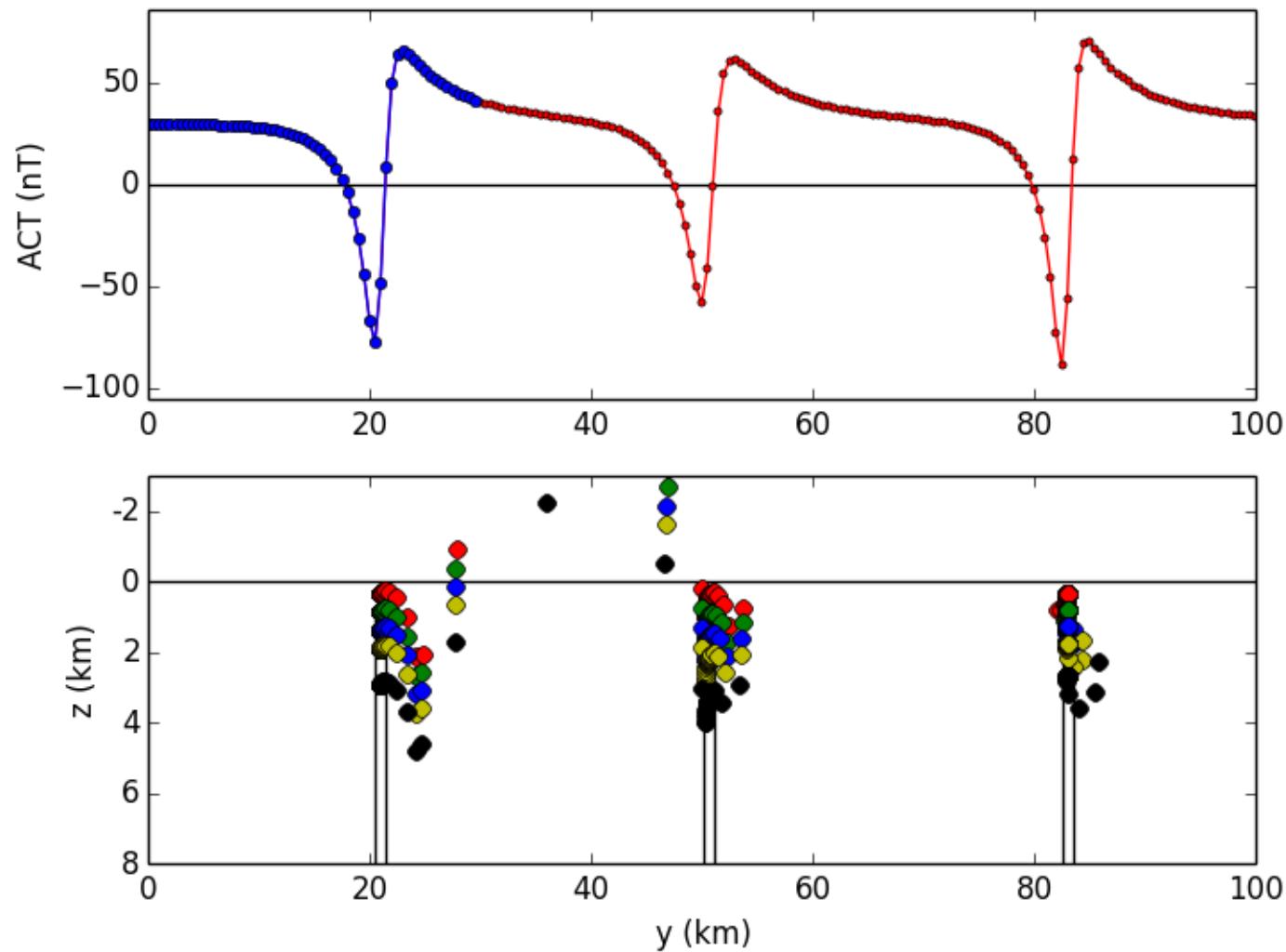
Exemplos do que NÃO se deve fazer



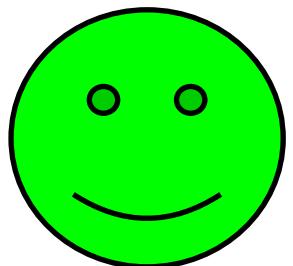
Deconvolução de Euler



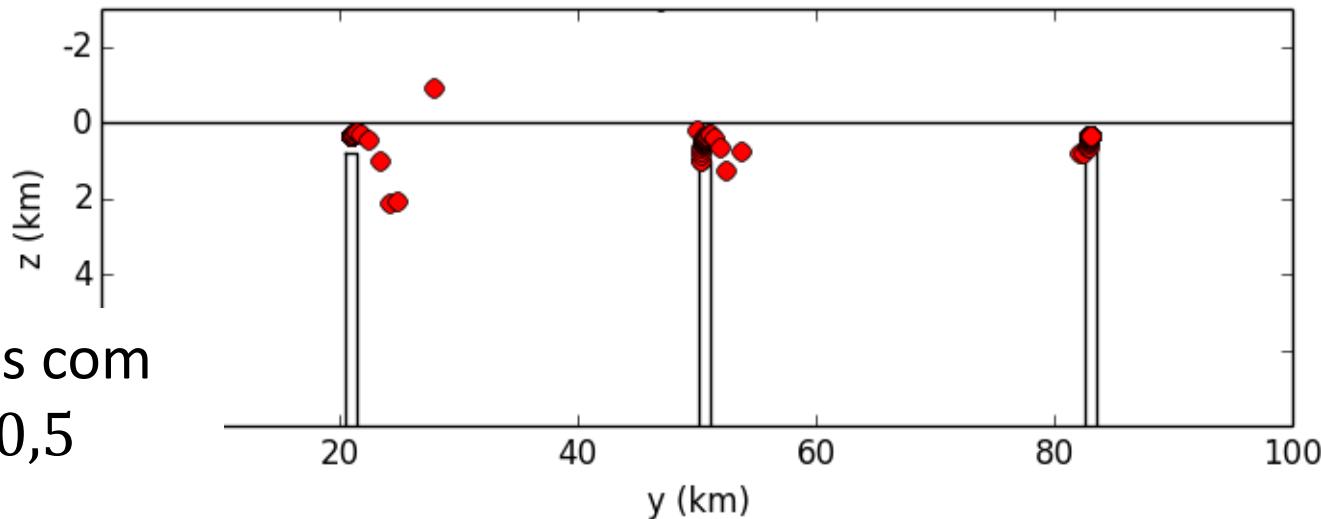
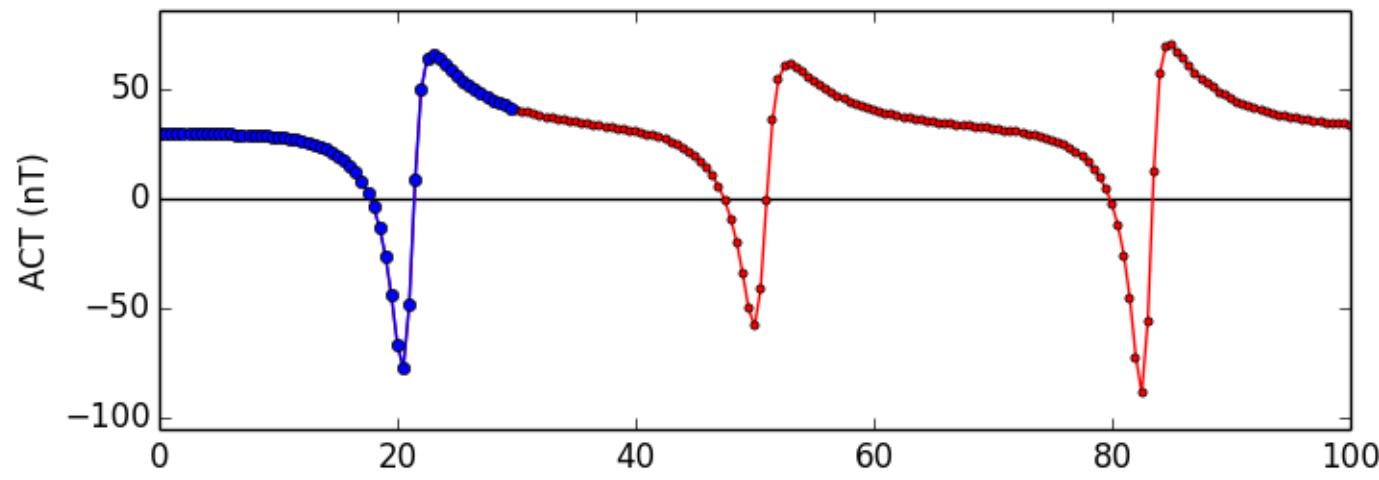
Exemplos do que se deve fazer



Deconvolução de Euler

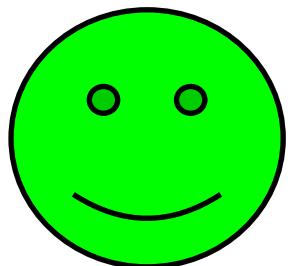


Exemplos do que se deve fazer

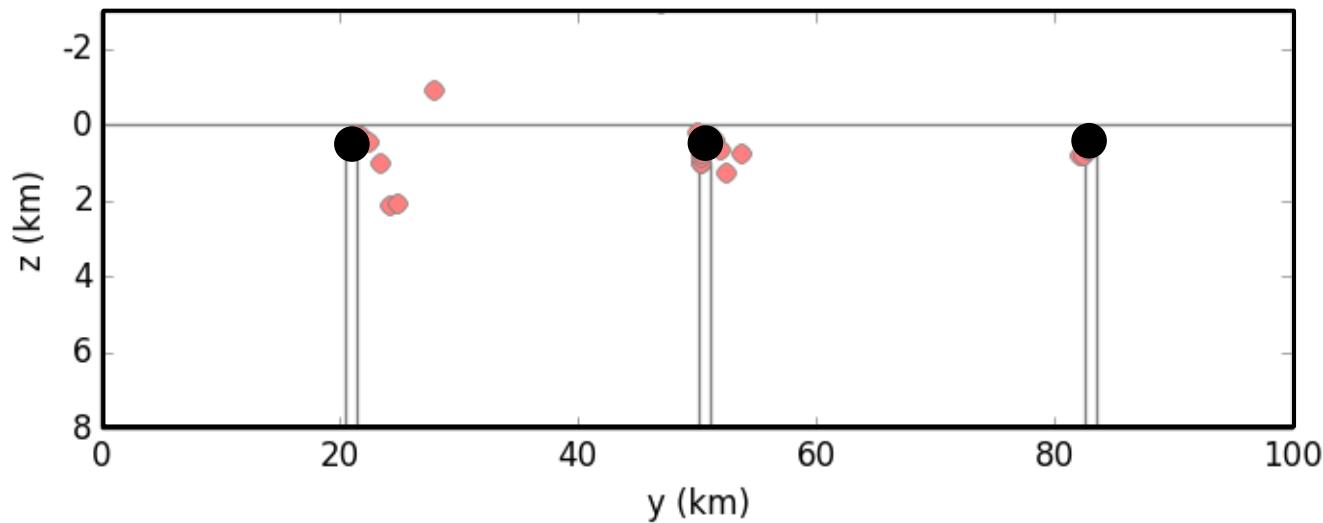
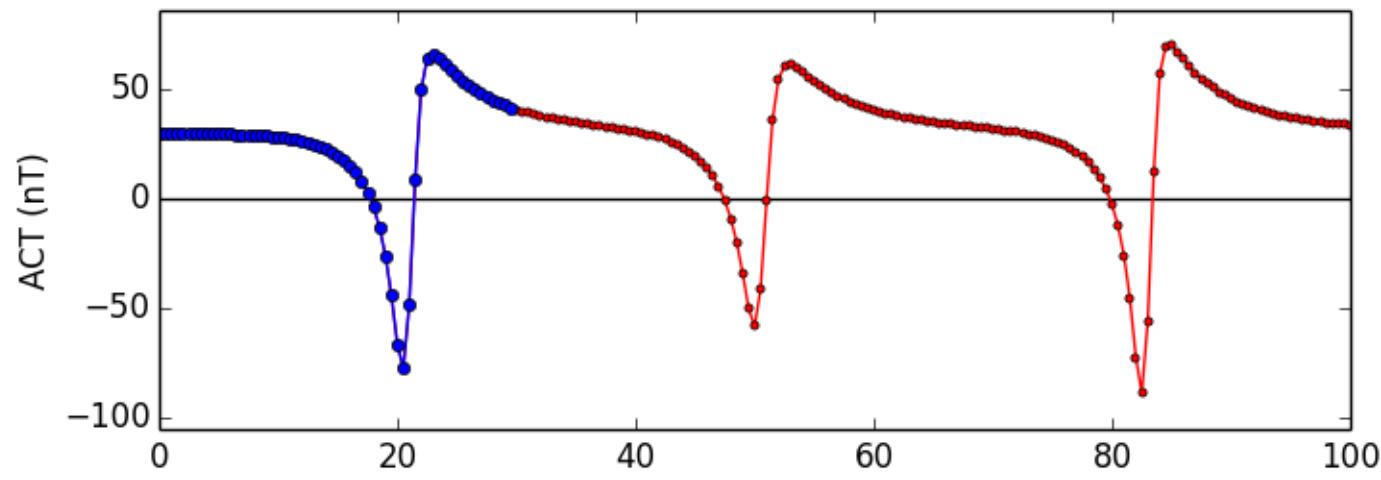


Soluções com
 $\eta = 0,5$

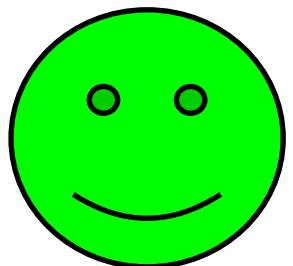
Deconvolução de Euler



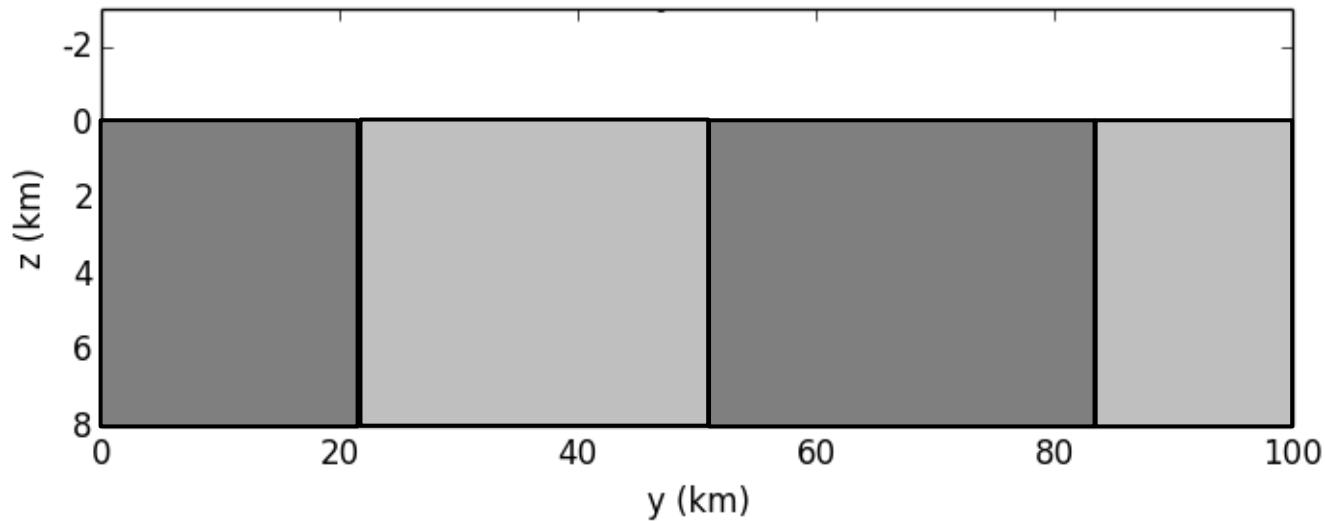
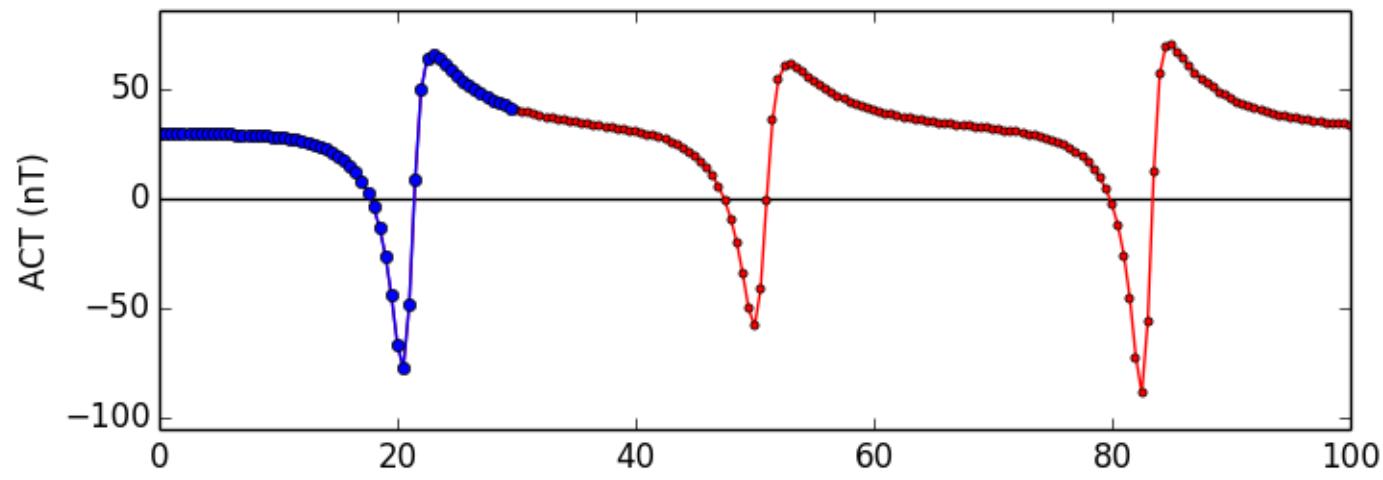
Exemplos do que se deve fazer



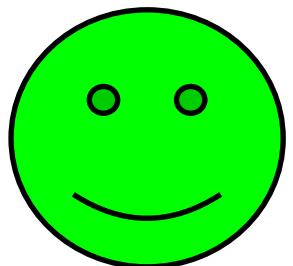
Deconvolução de Euler



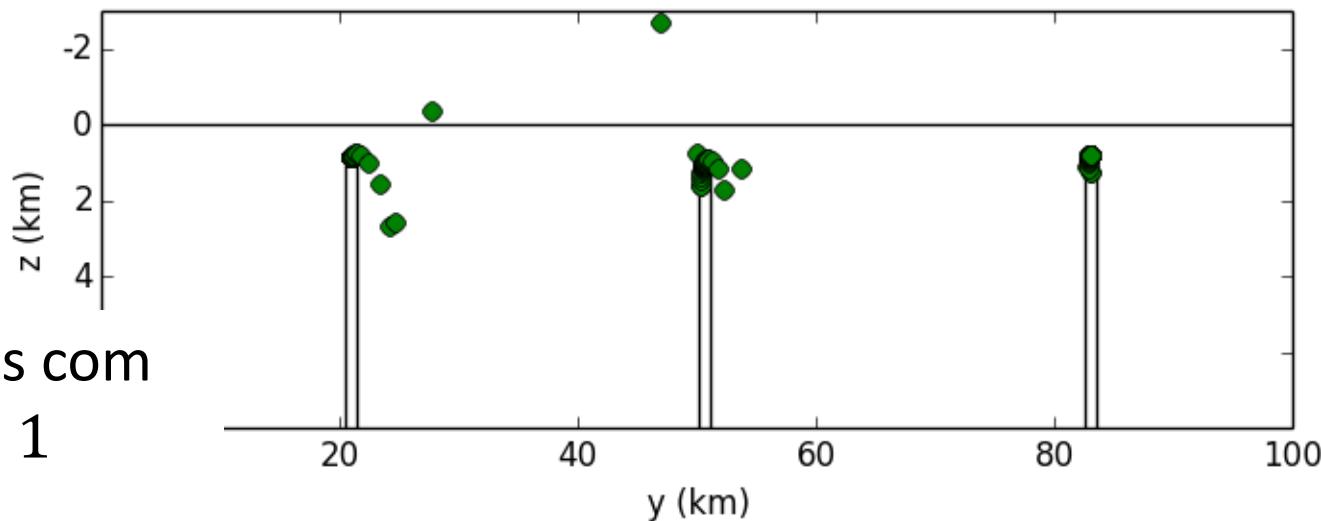
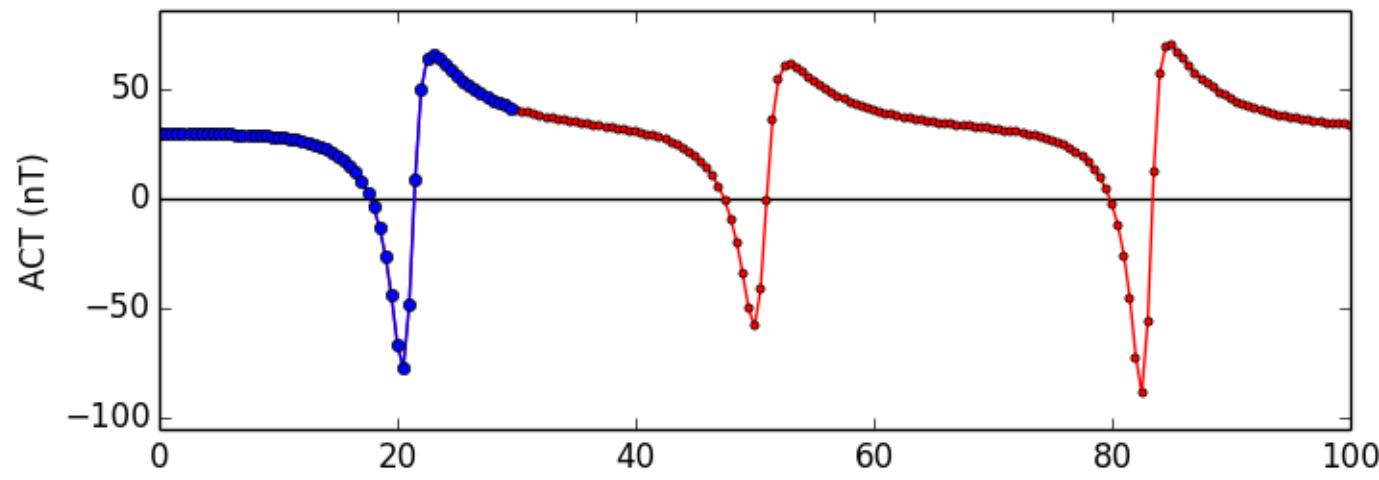
Exemplos do que se deve fazer



Deconvolução de Euler



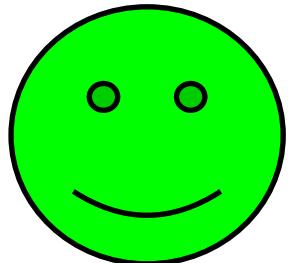
Exemplos do que se deve fazer



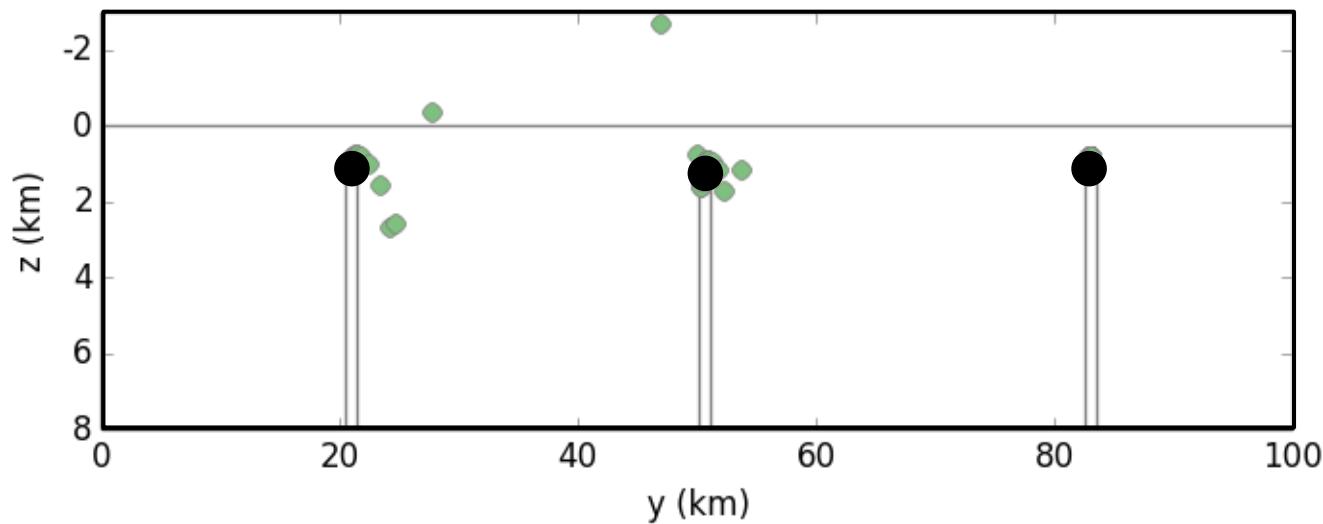
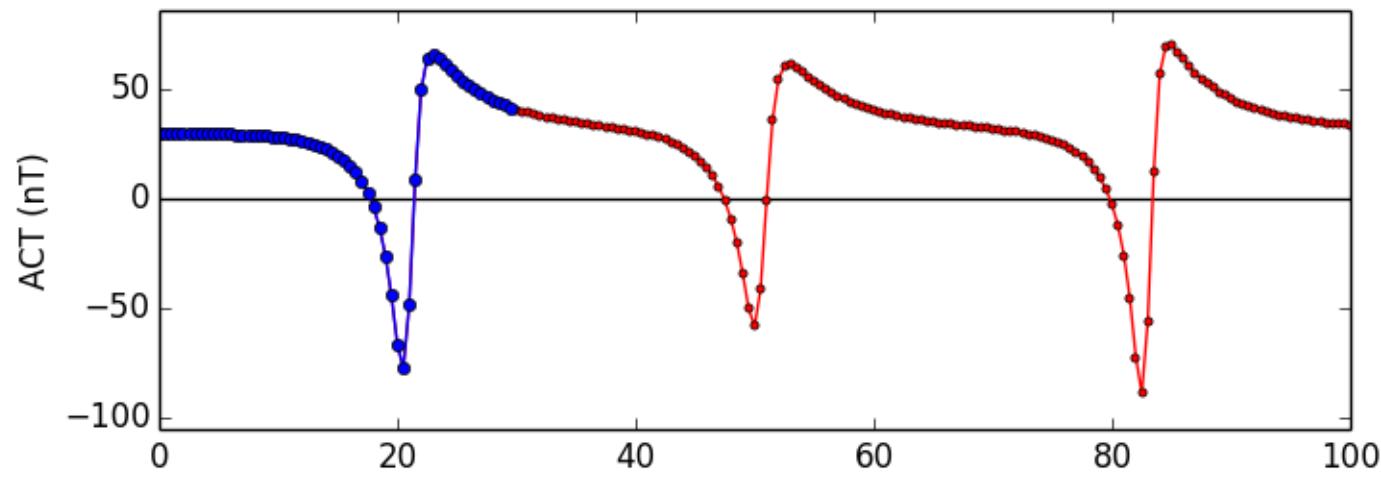
Soluções com

$$\eta = 1$$

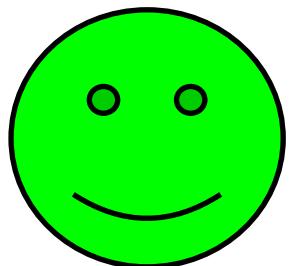
Deconvolução de Euler



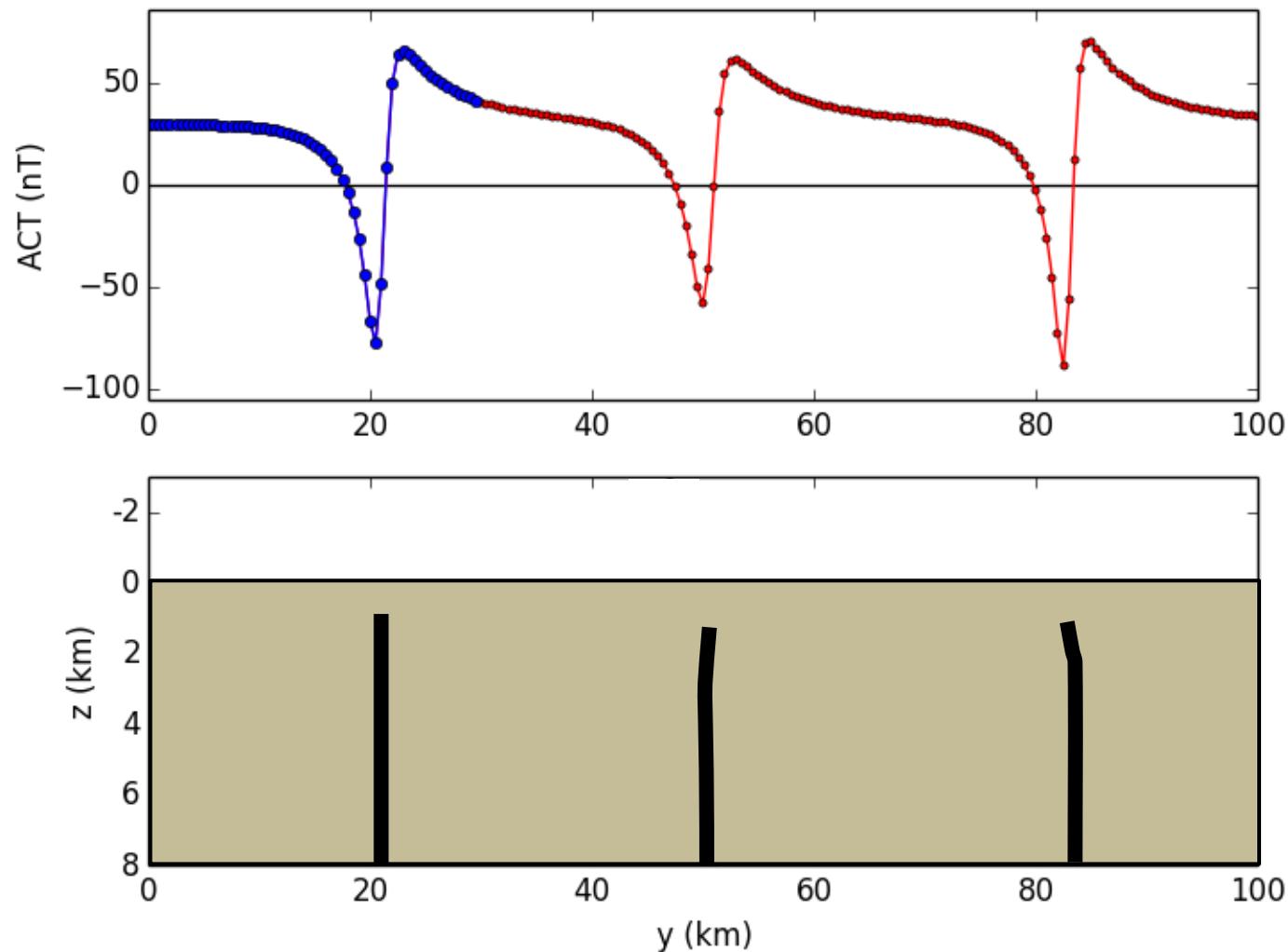
Exemplos do que se deve fazer



Deconvolução de Euler

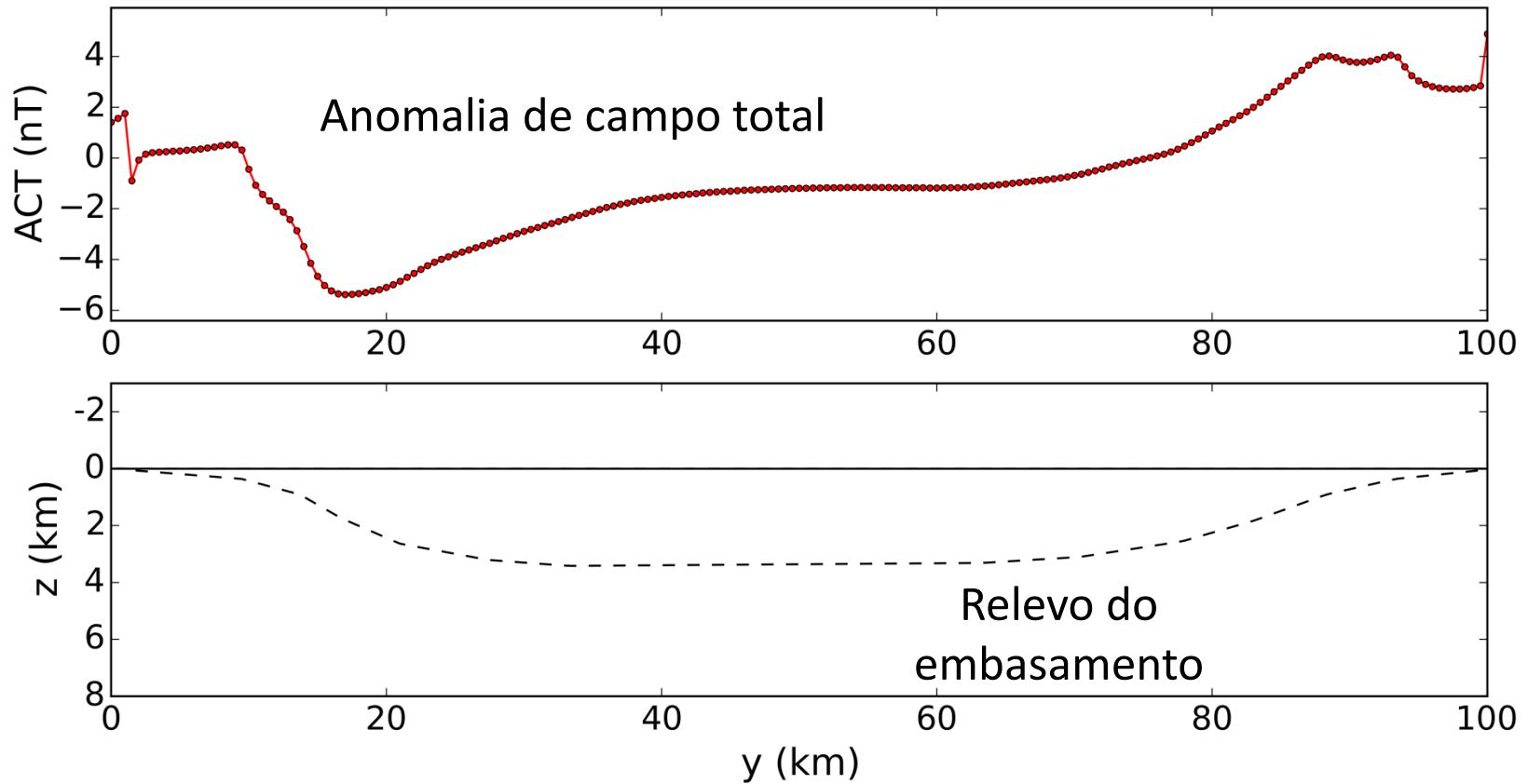


Exemplos do que se deve fazer



Deconvolução de Euler

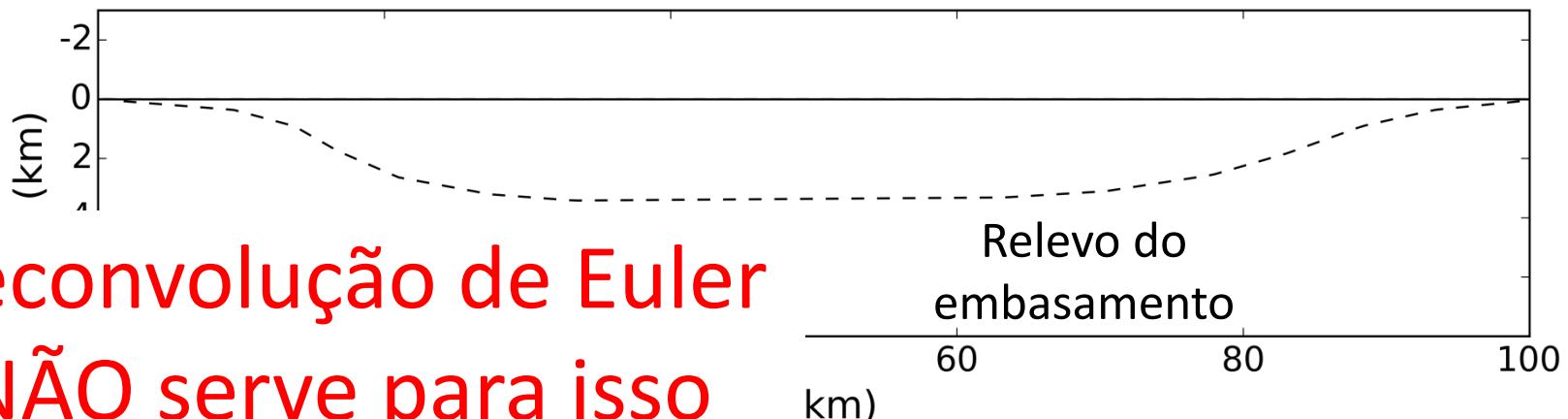
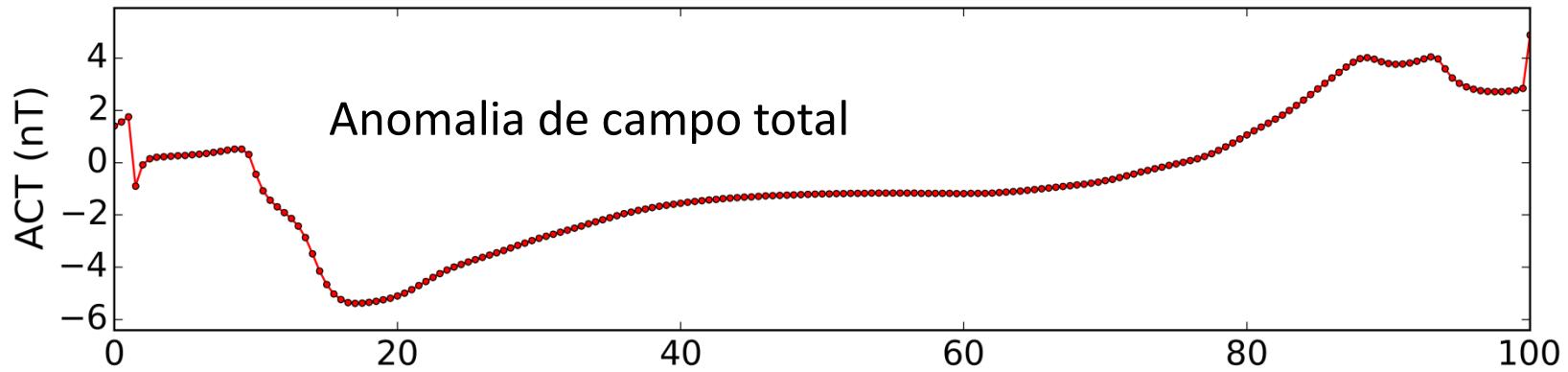
Determinação do relevo do embasamento



Deconvolução de Euler

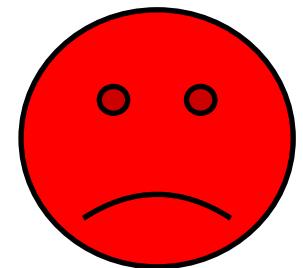


Determinação do relevo do embasamento



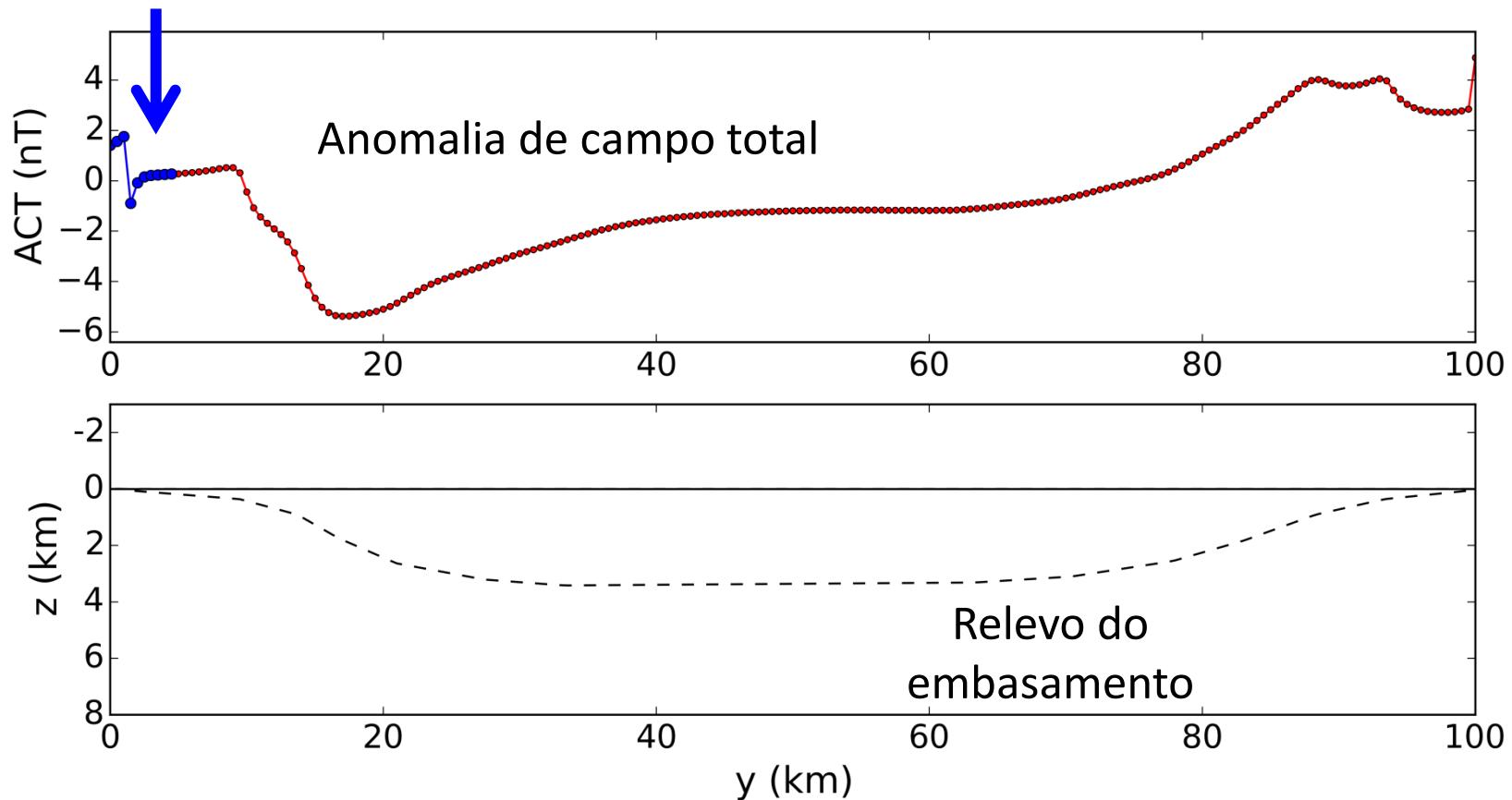
Deconvolução de Euler
NÃO serve para isso

Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

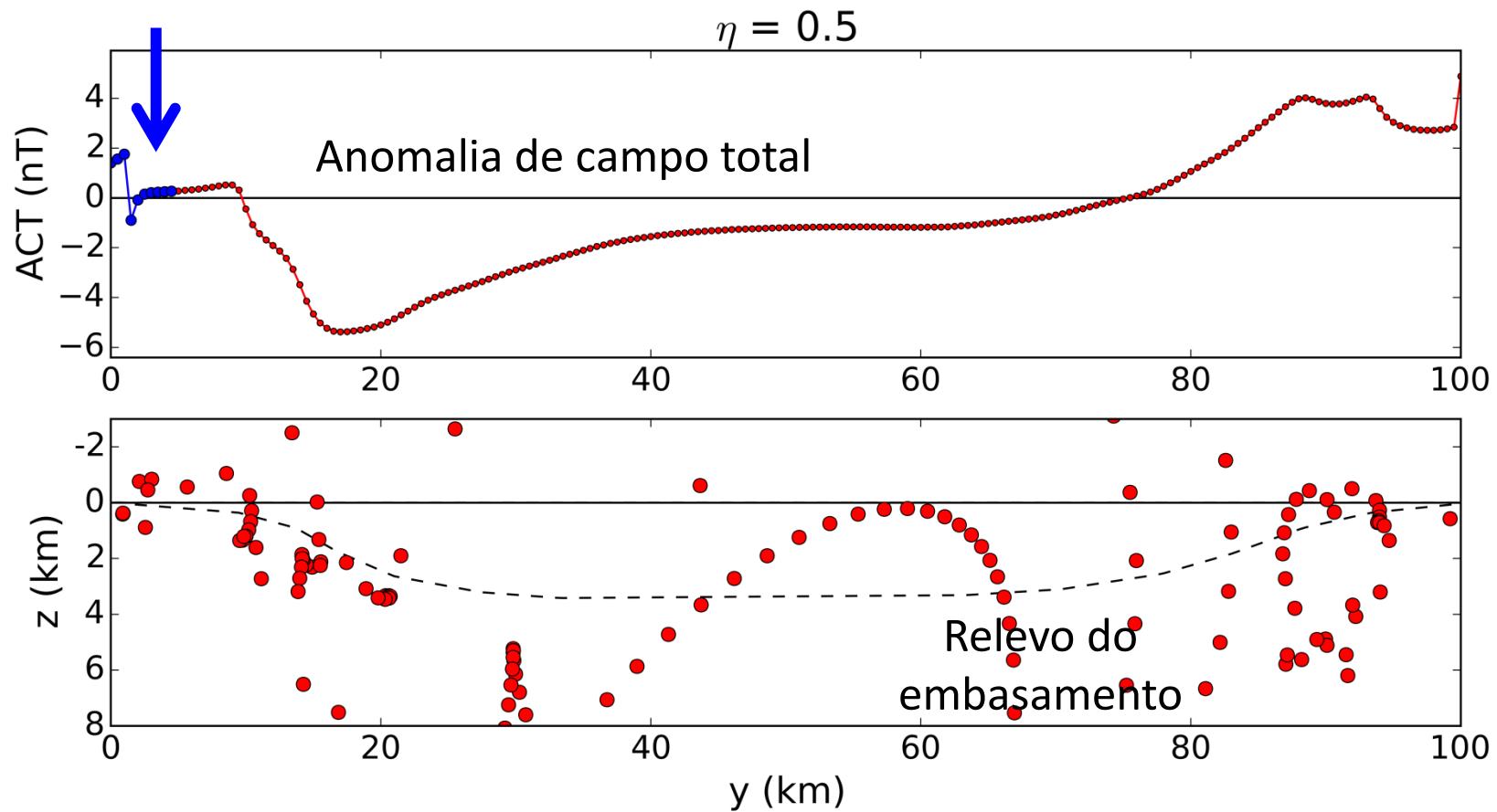


Deconvolução de Euler

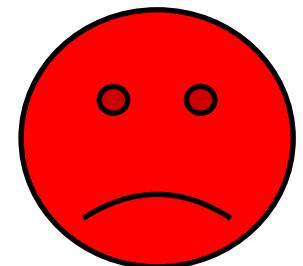


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

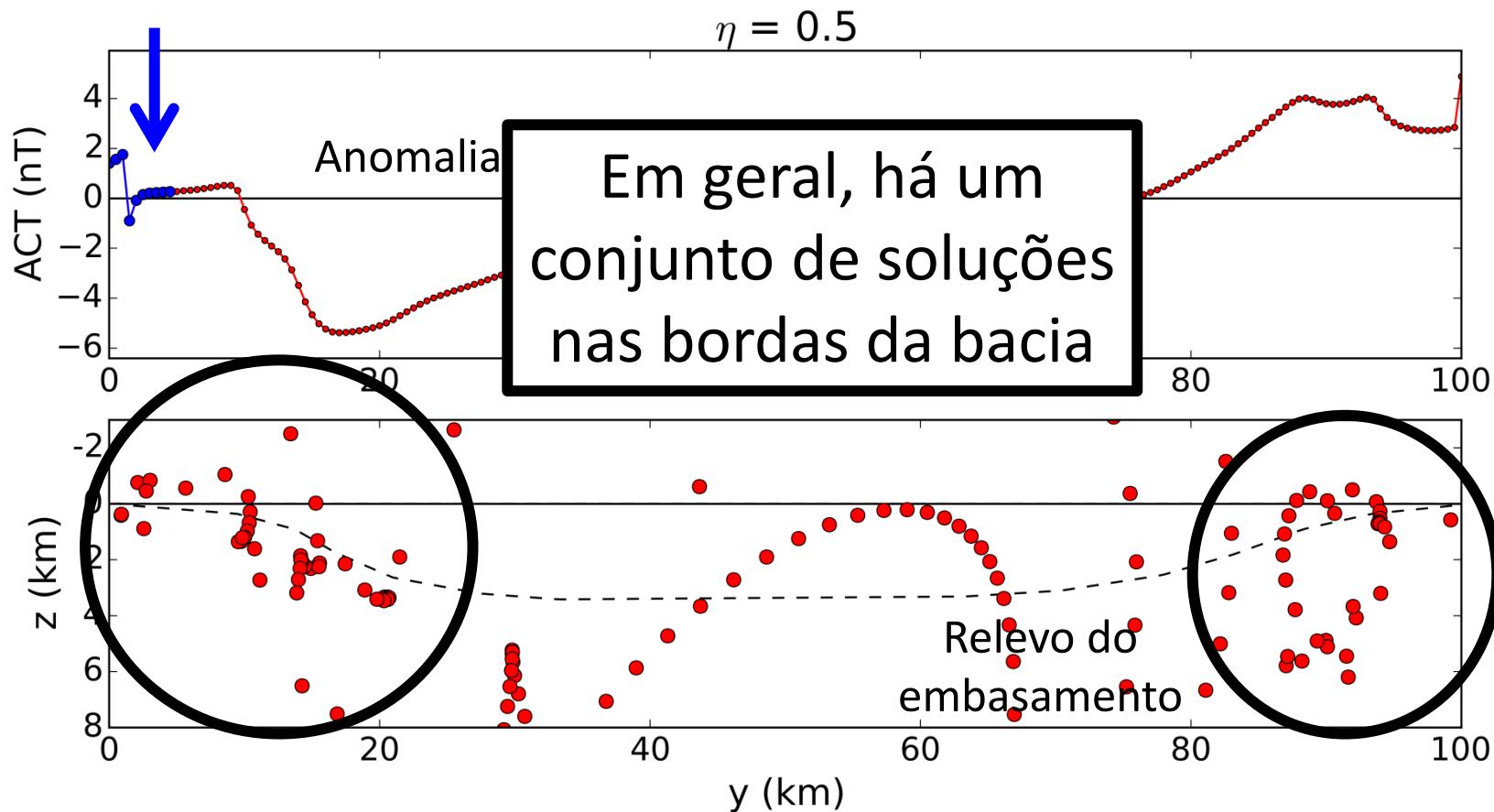


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

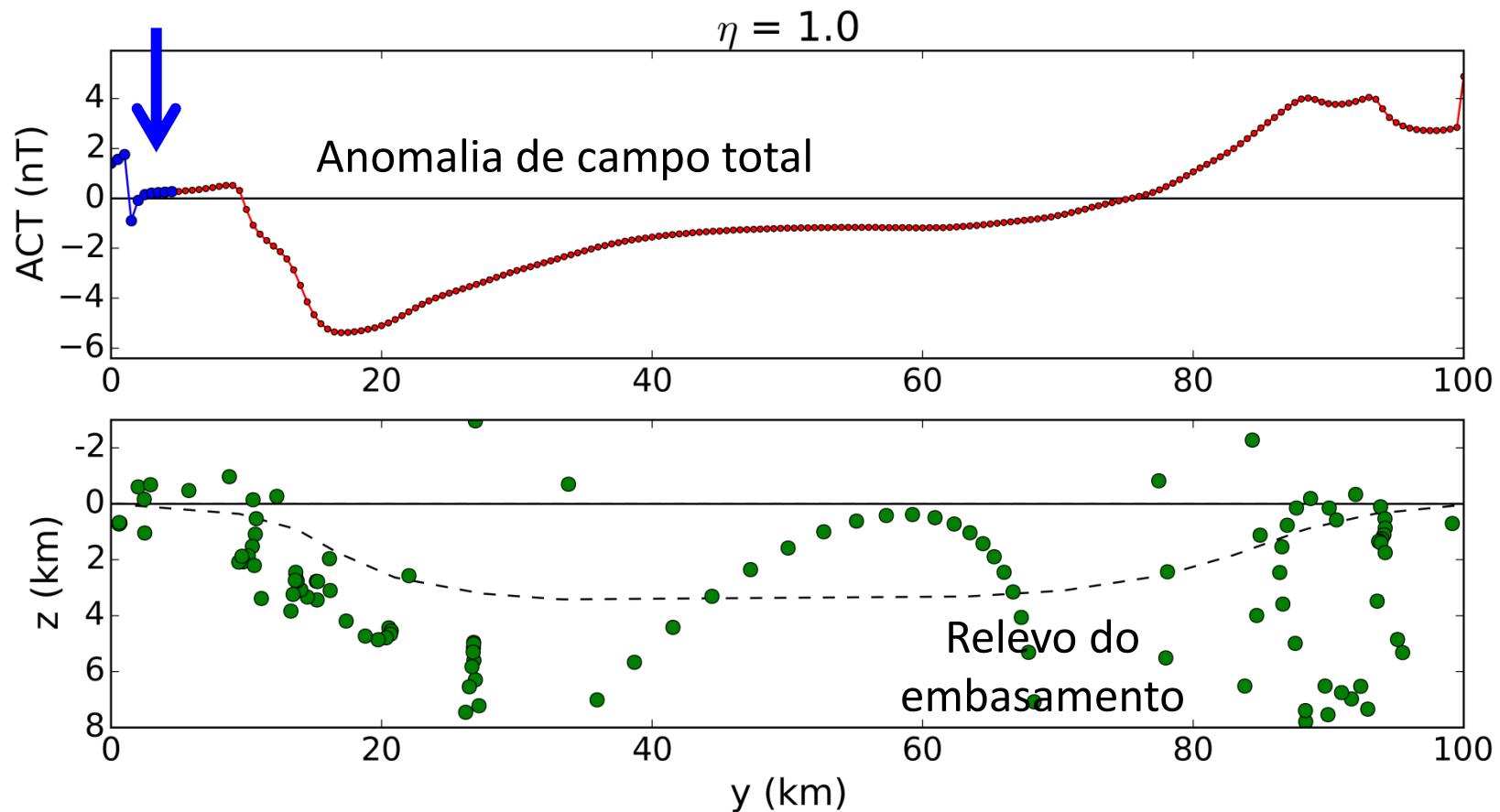


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

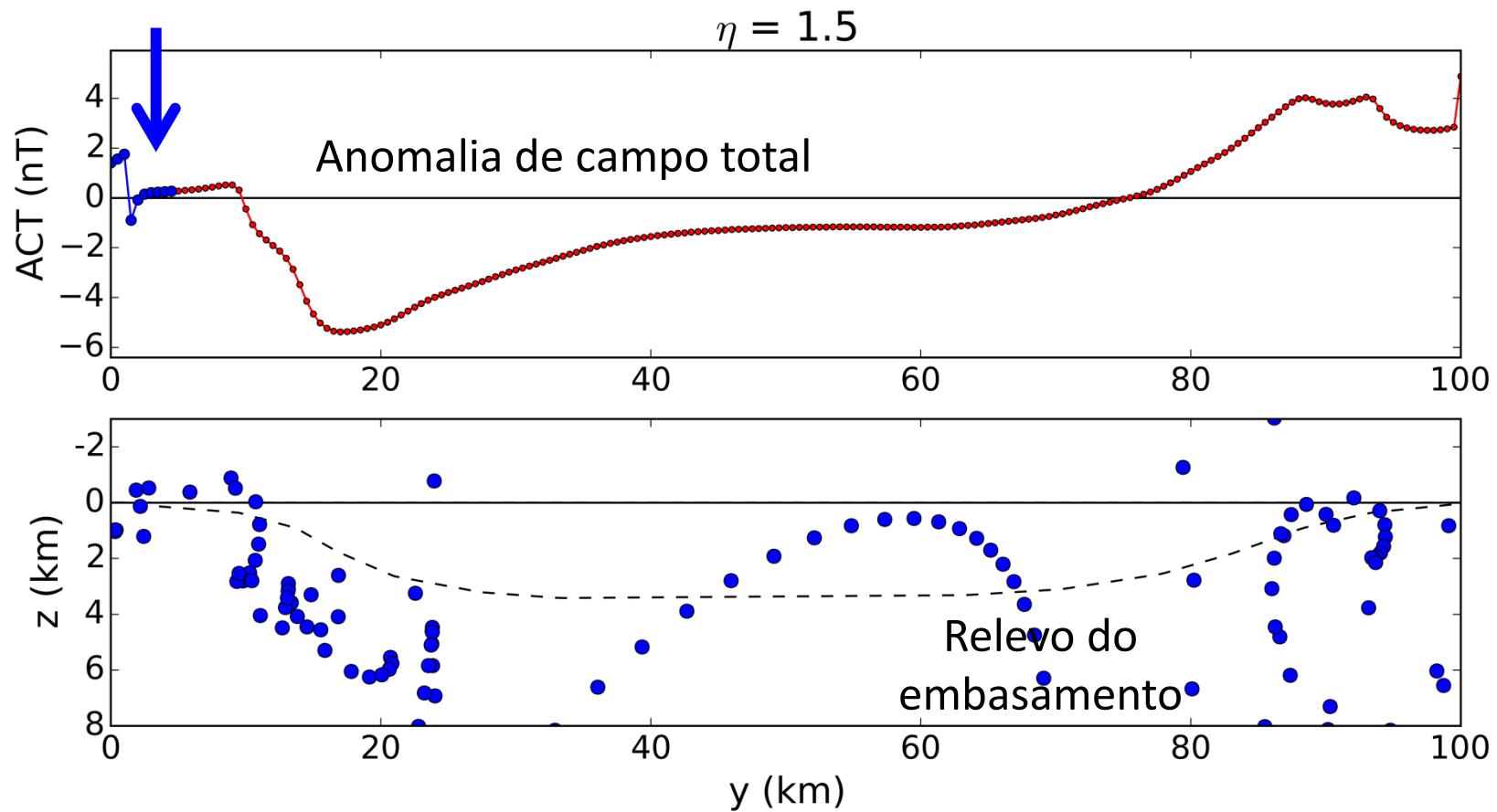


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

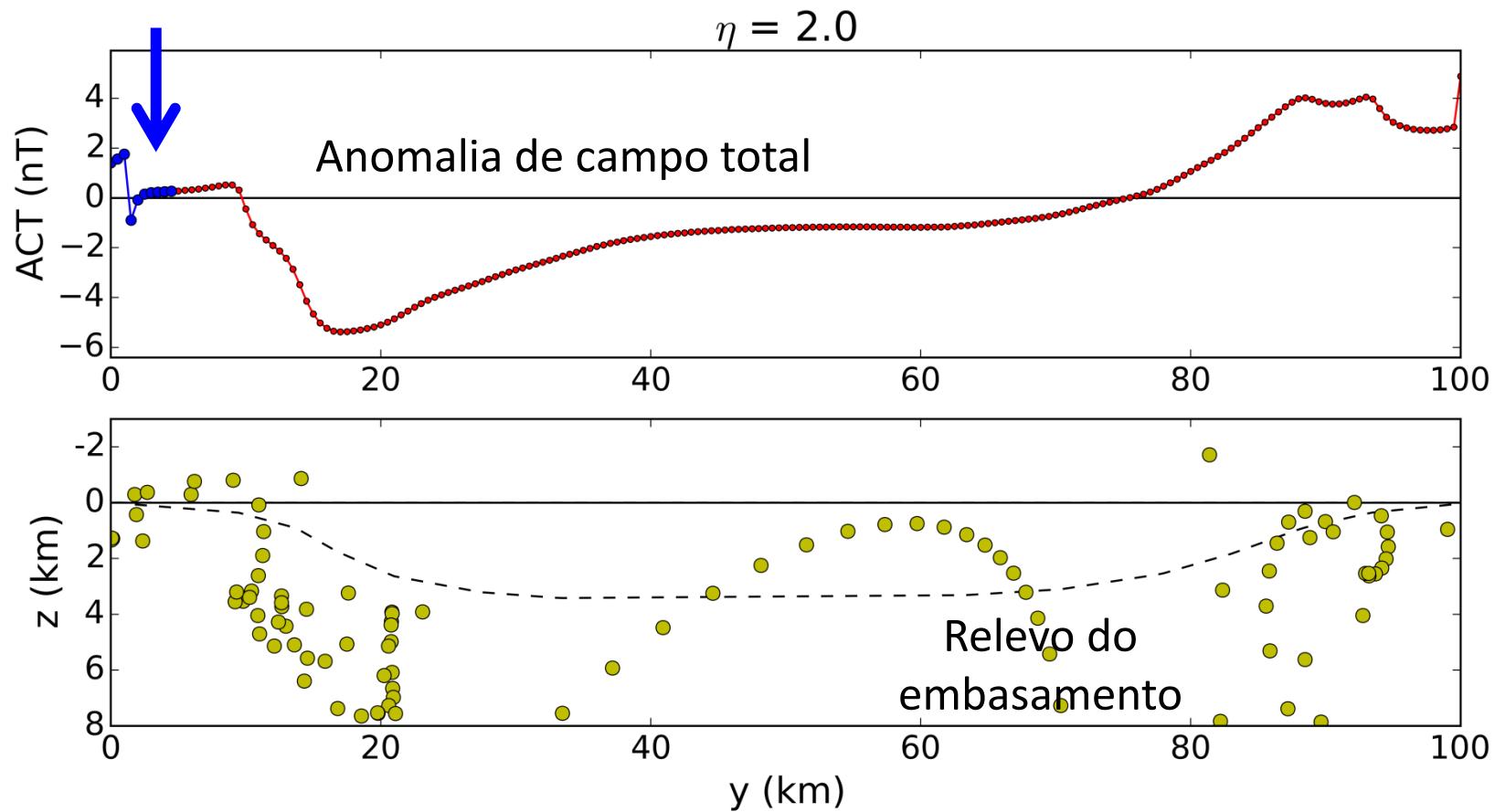


Deconvolução de Euler

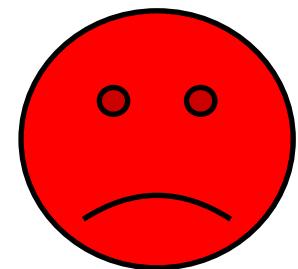


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

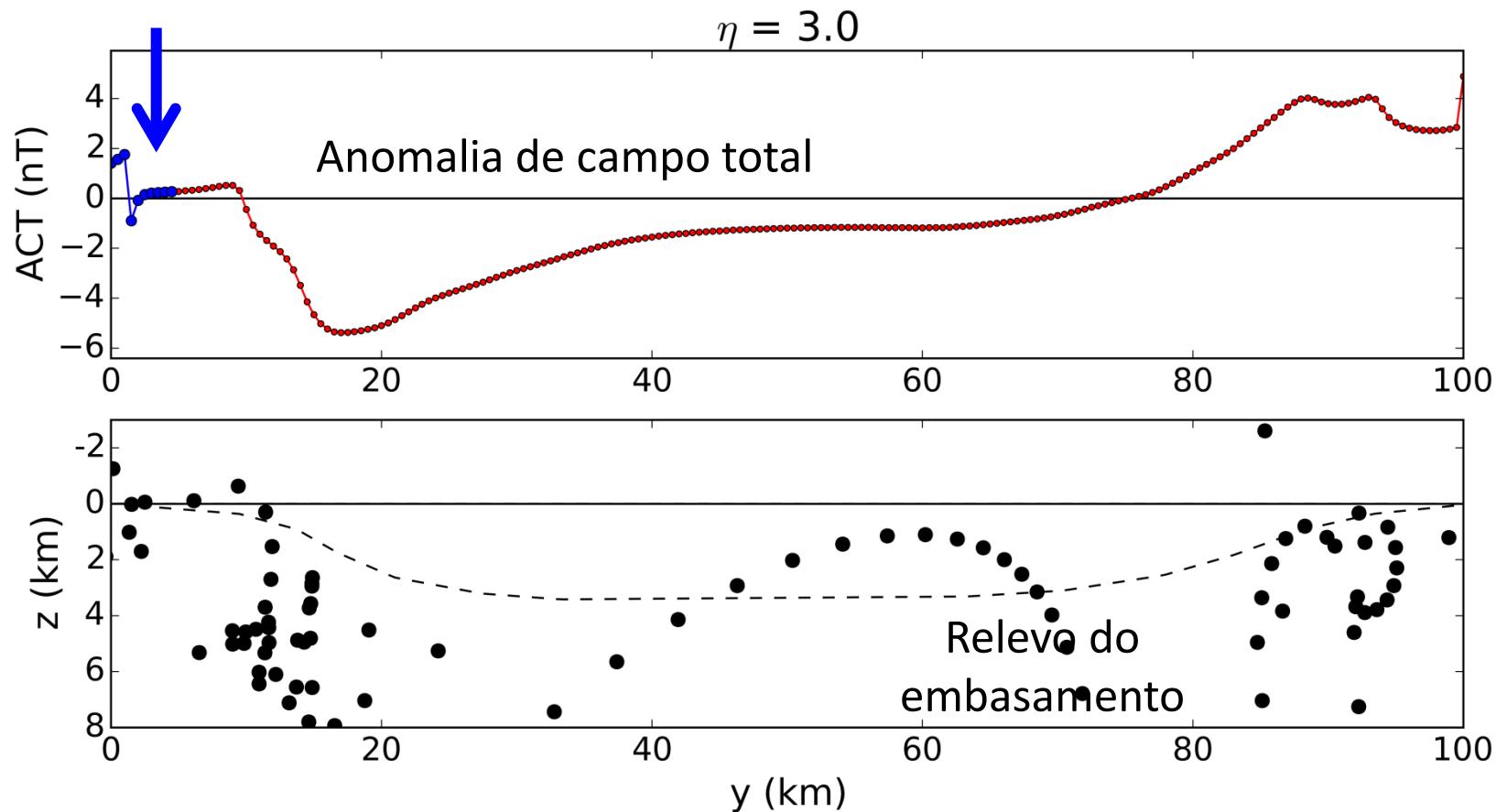


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

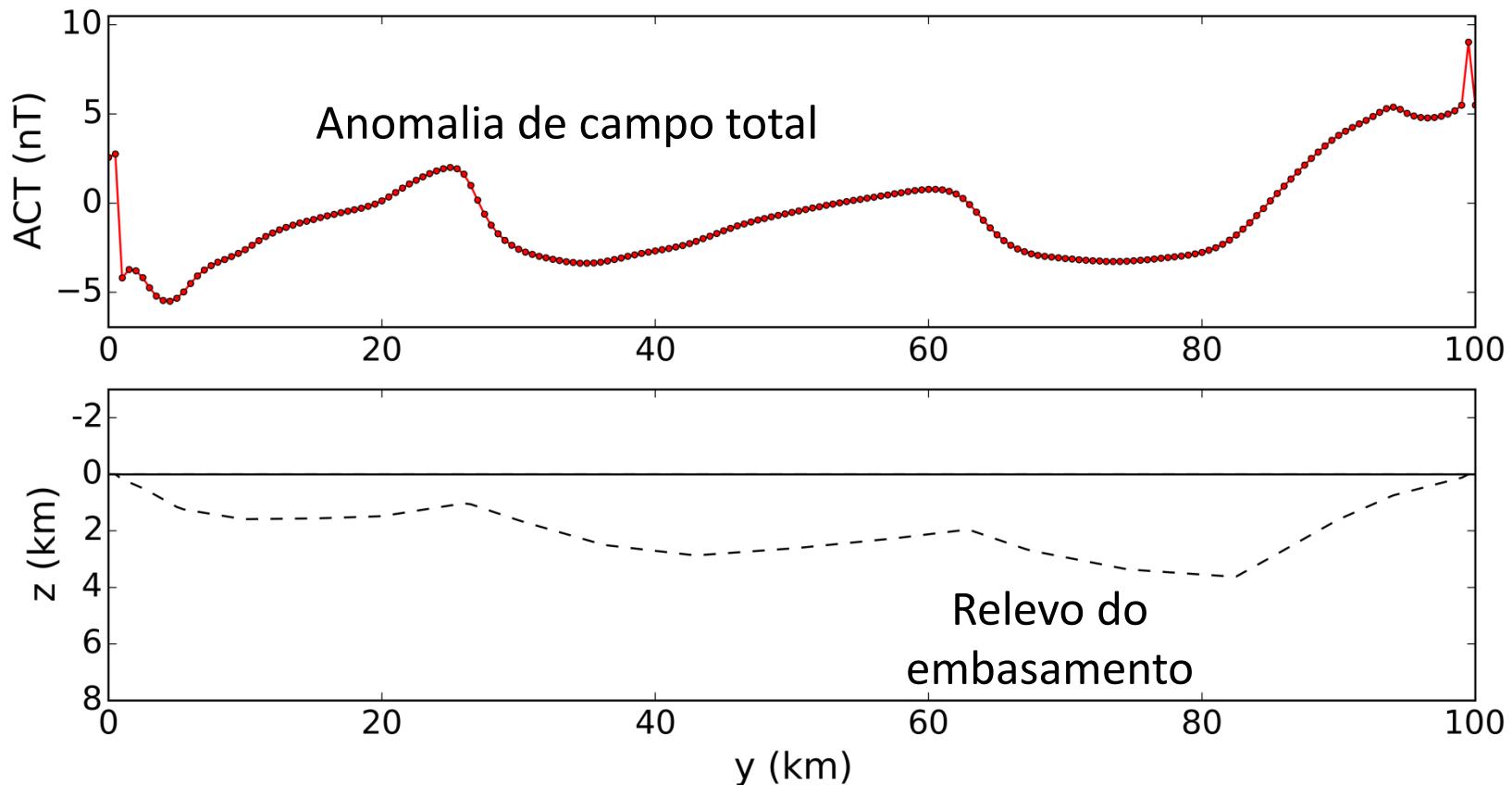
Janelas de 10 dados



Deconvolução de Euler

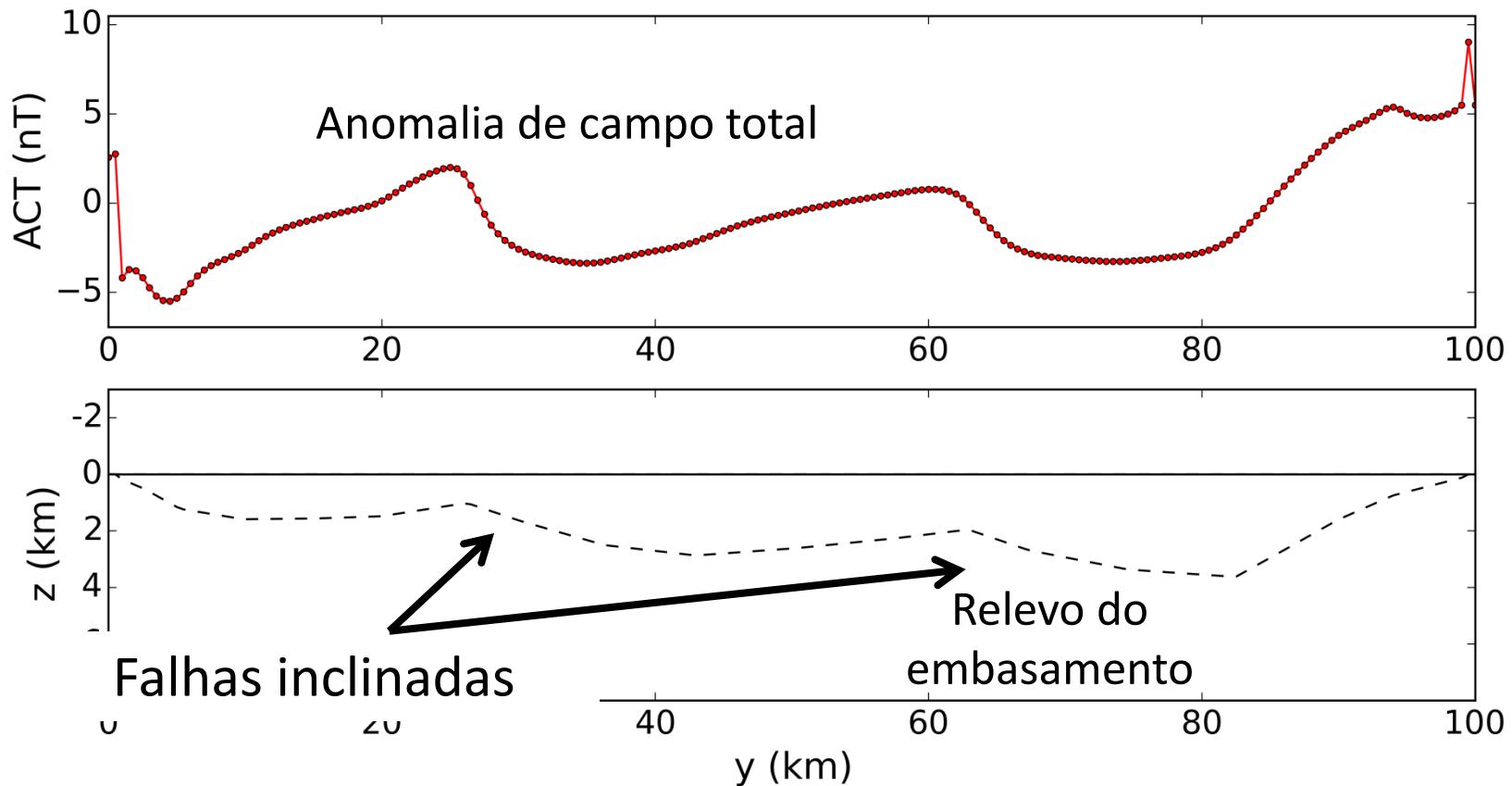


Determinação do relevo do embasamento



Deconvolução de Euler

Determinação do relevo do embasamento

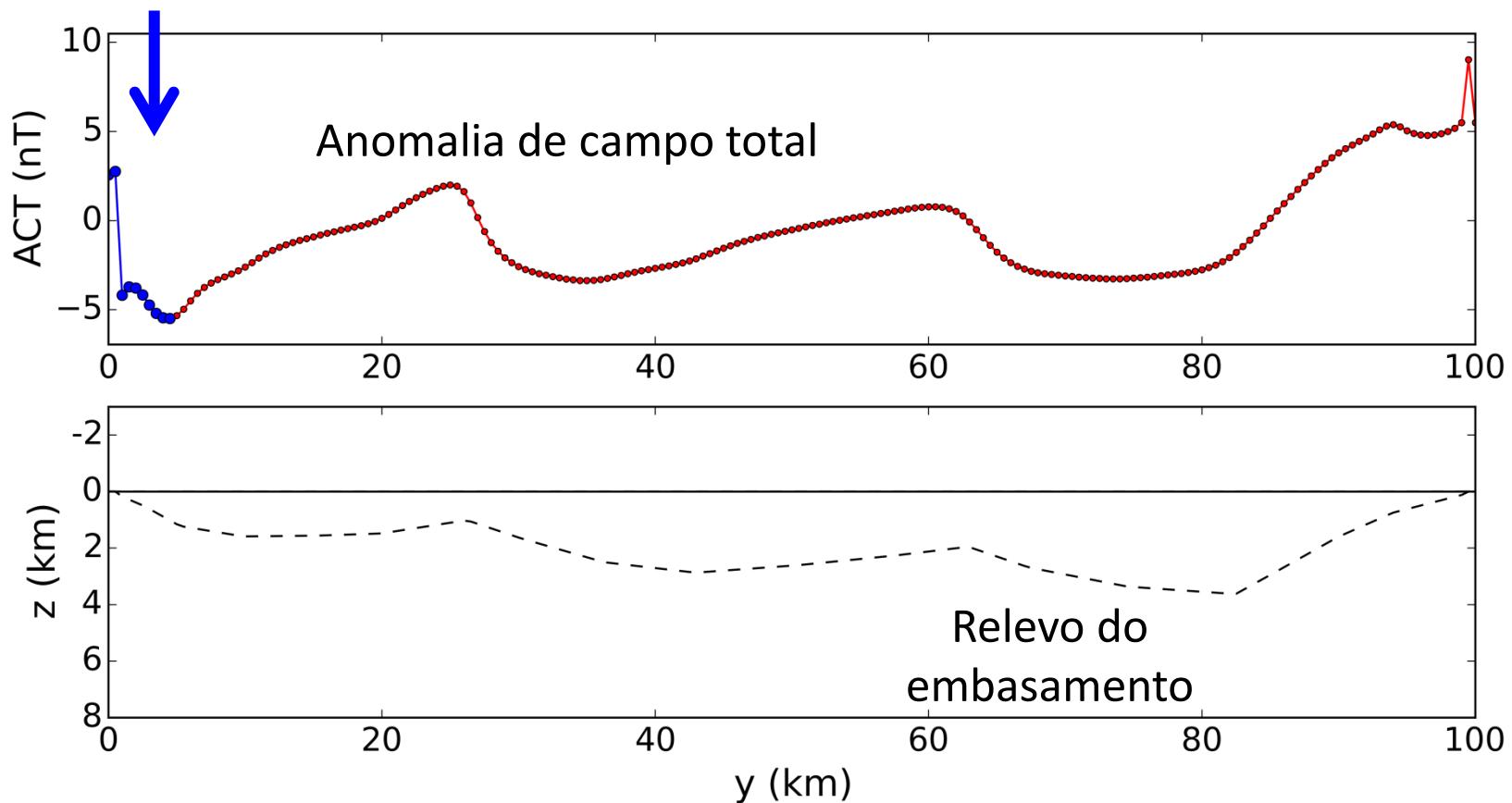


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

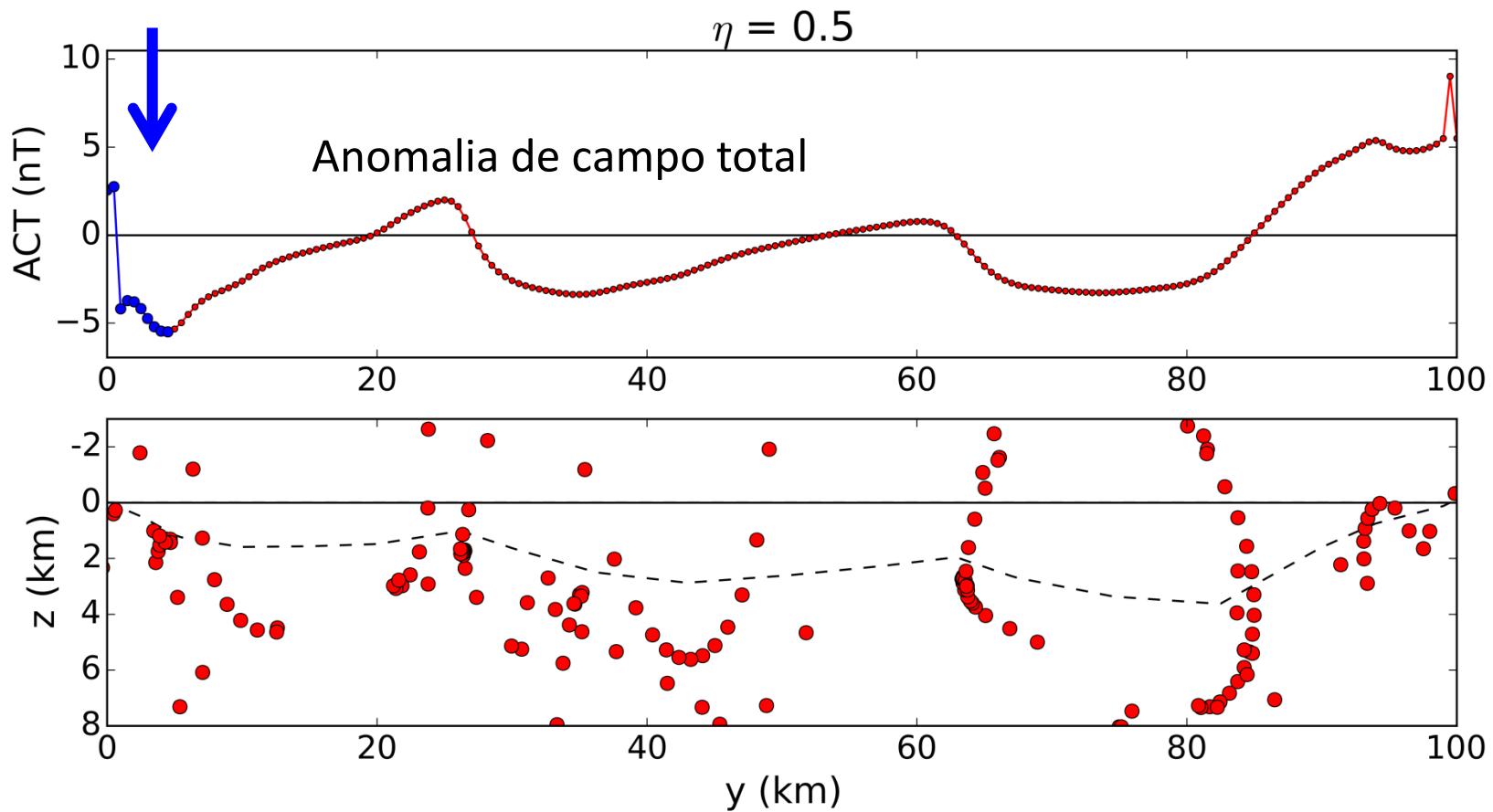


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

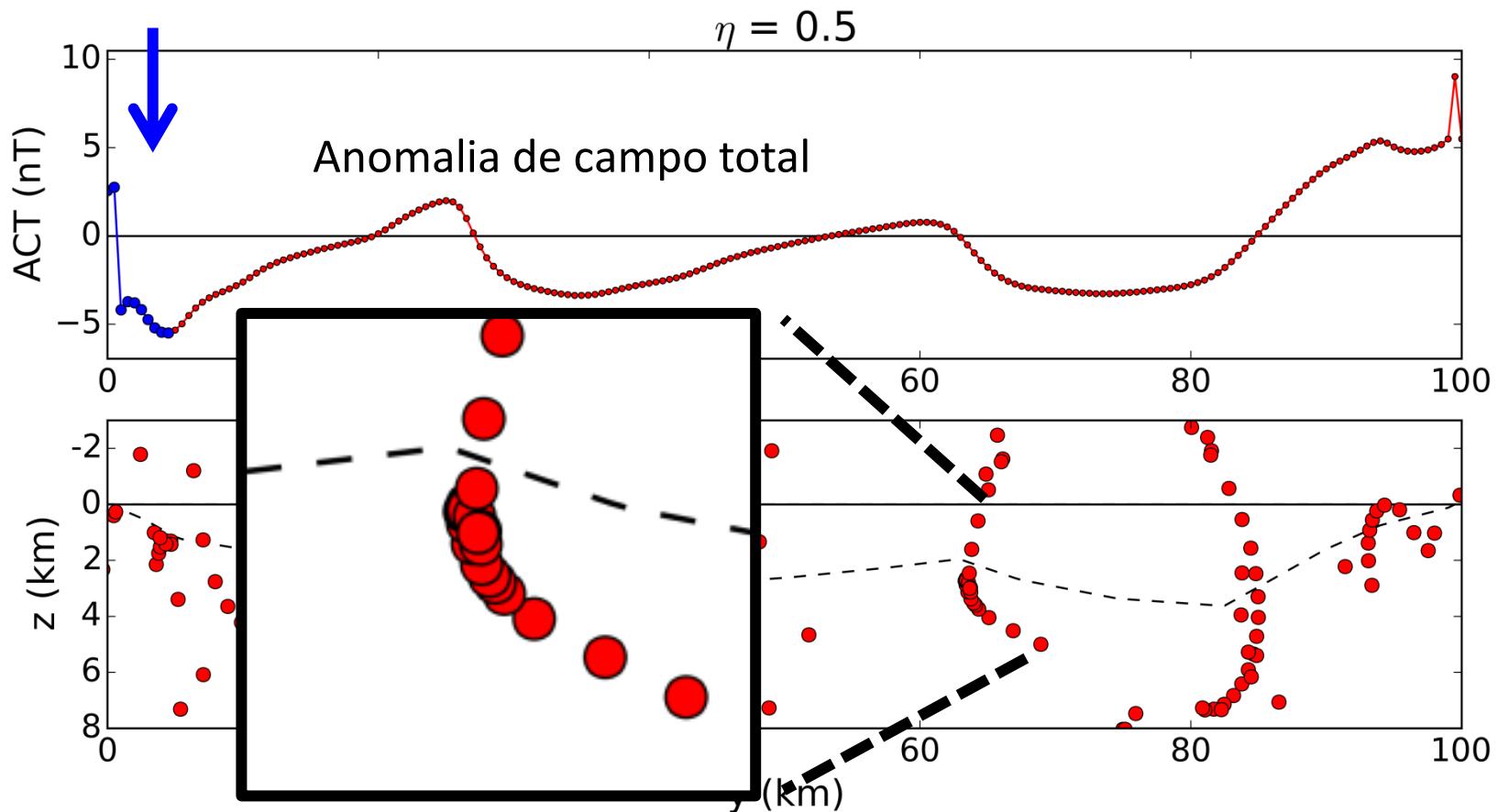


Deconvolução de Euler

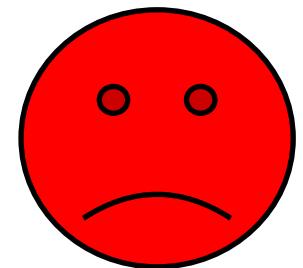


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

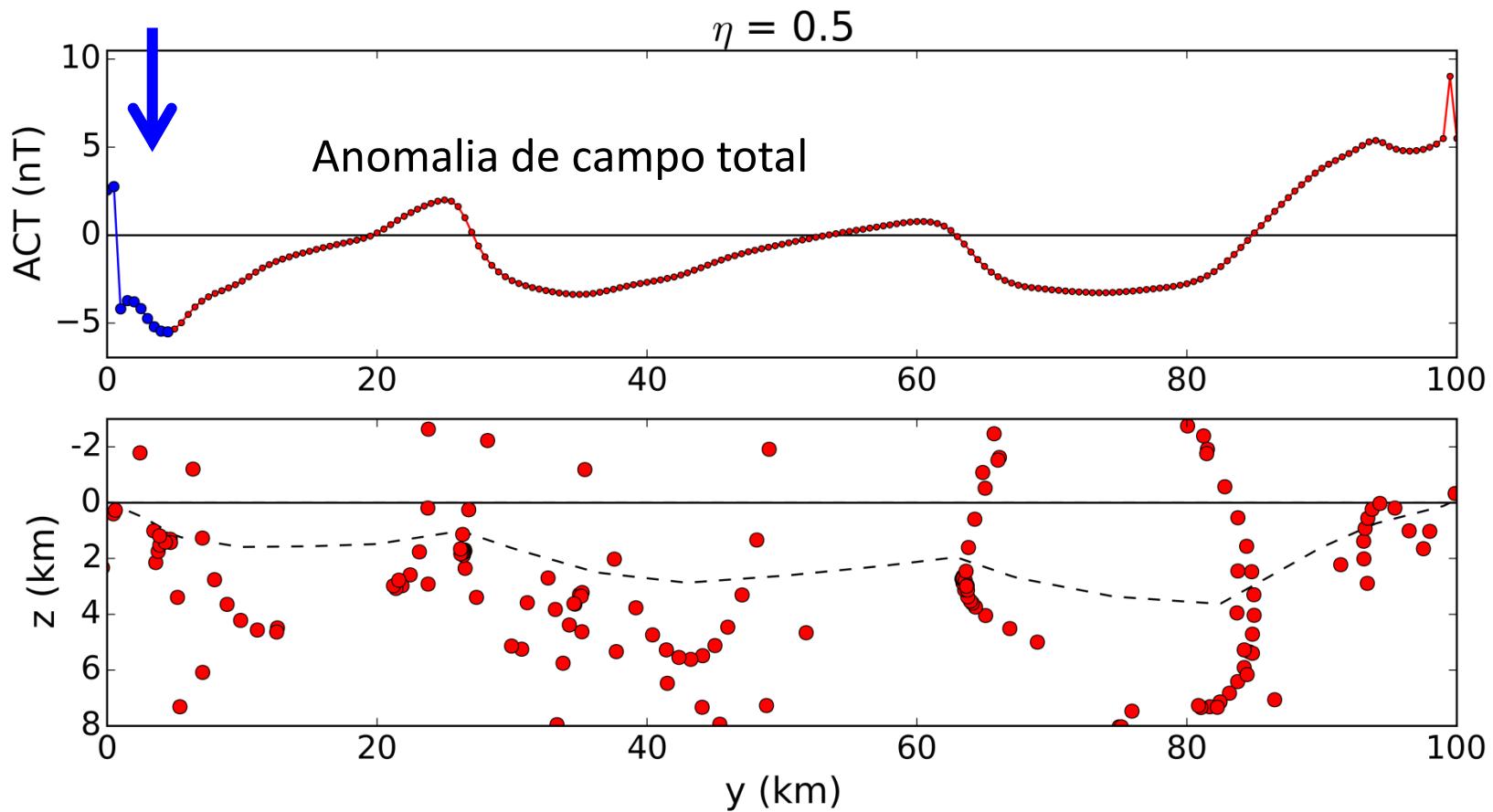


Deconvolução de Euler

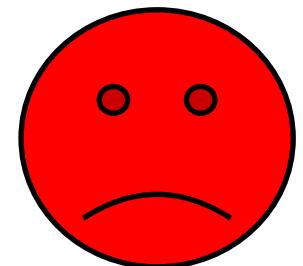


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

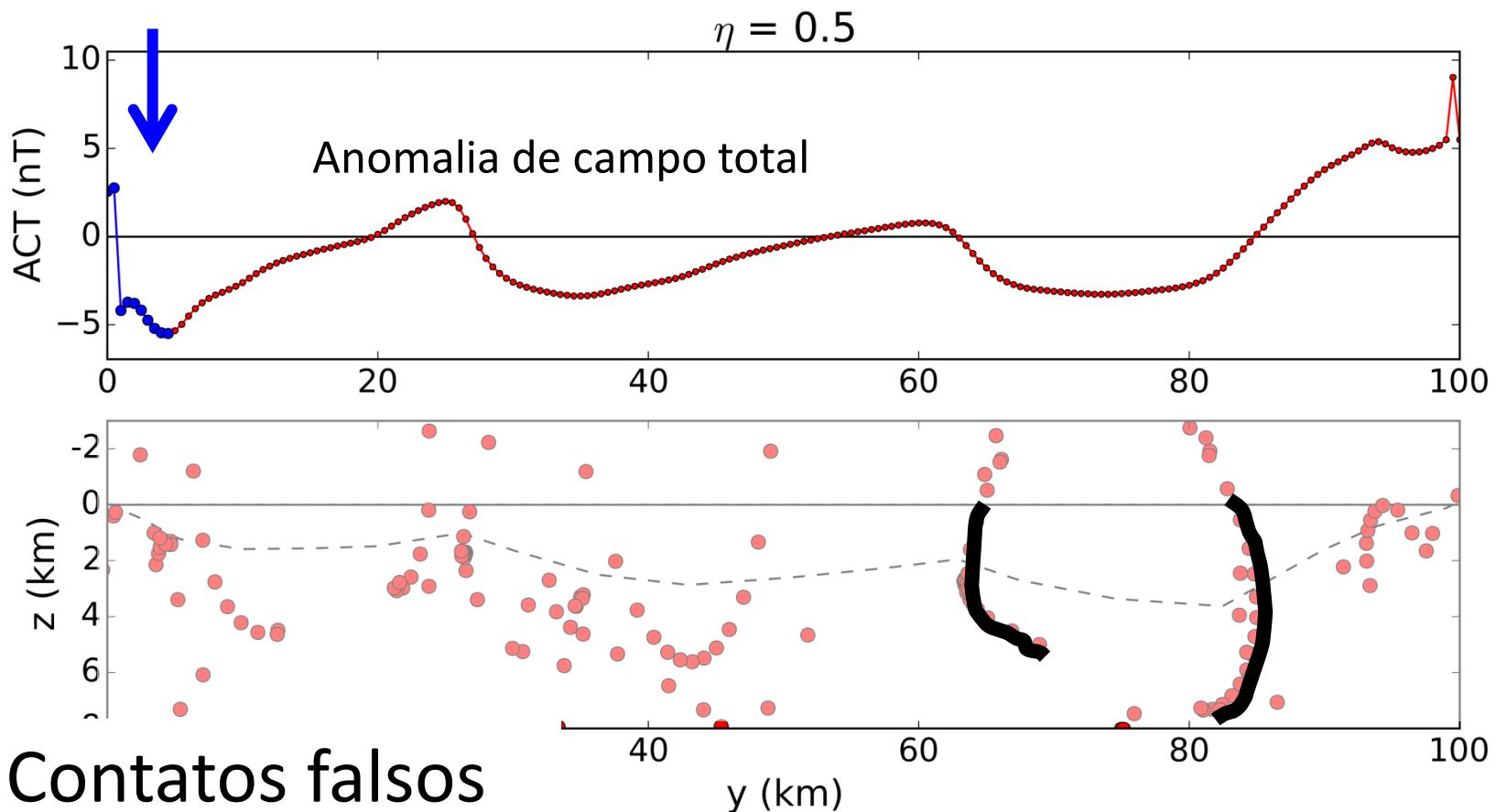


Deconvolução de Euler

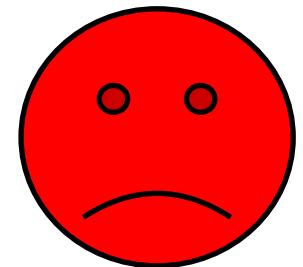


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

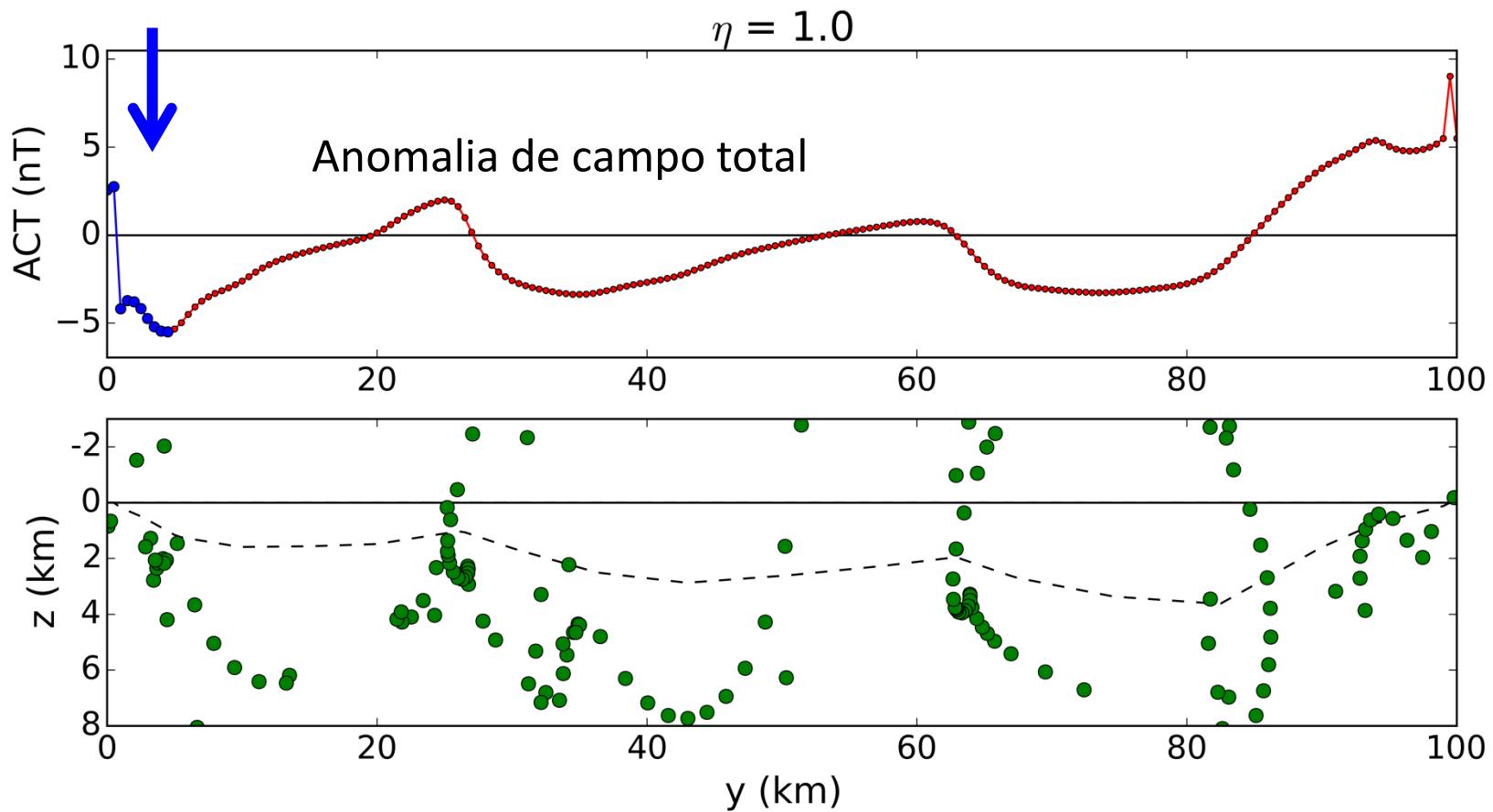


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

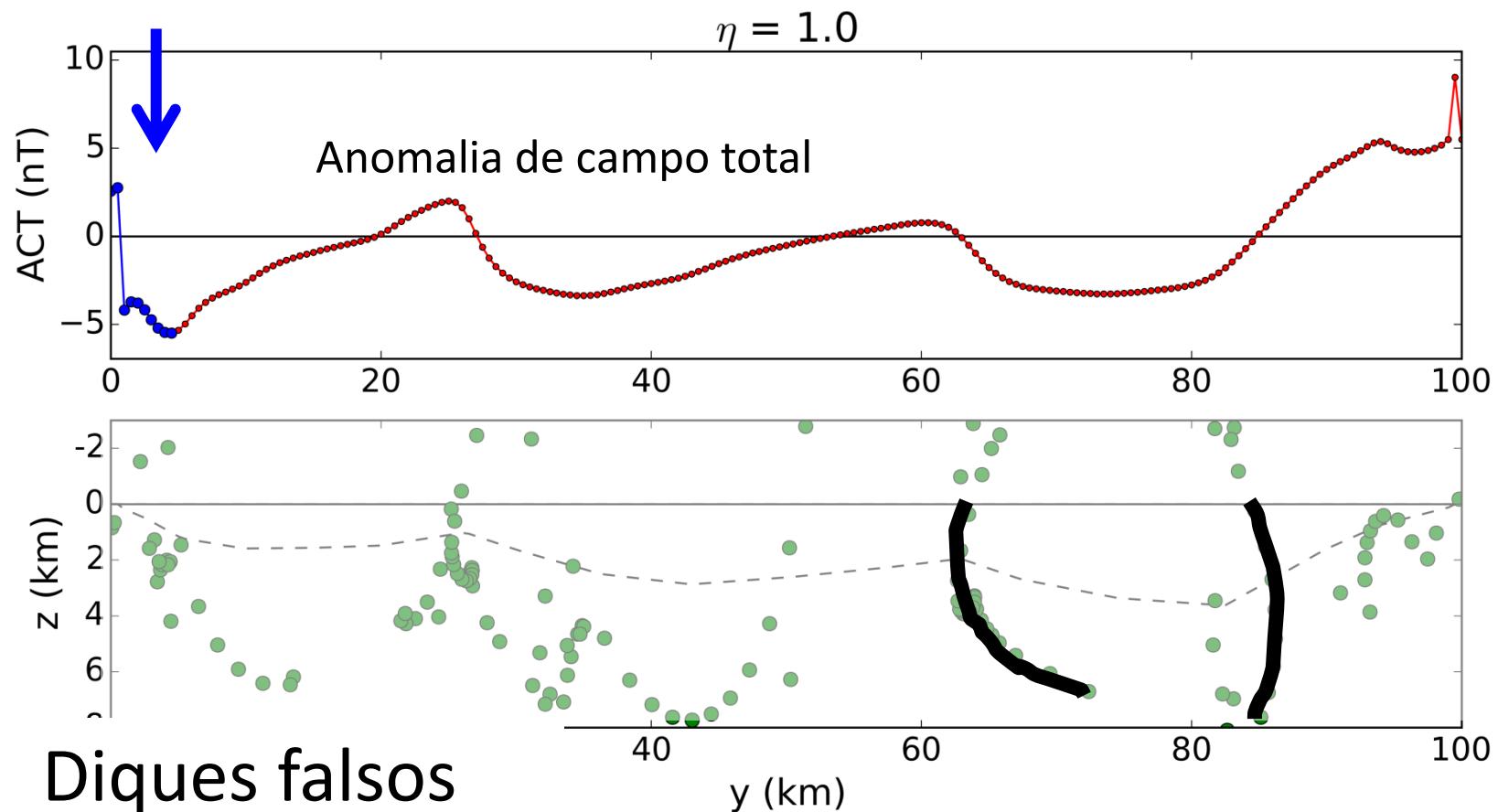


Deconvolução de Euler

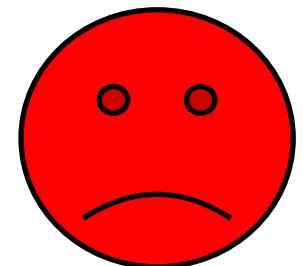


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

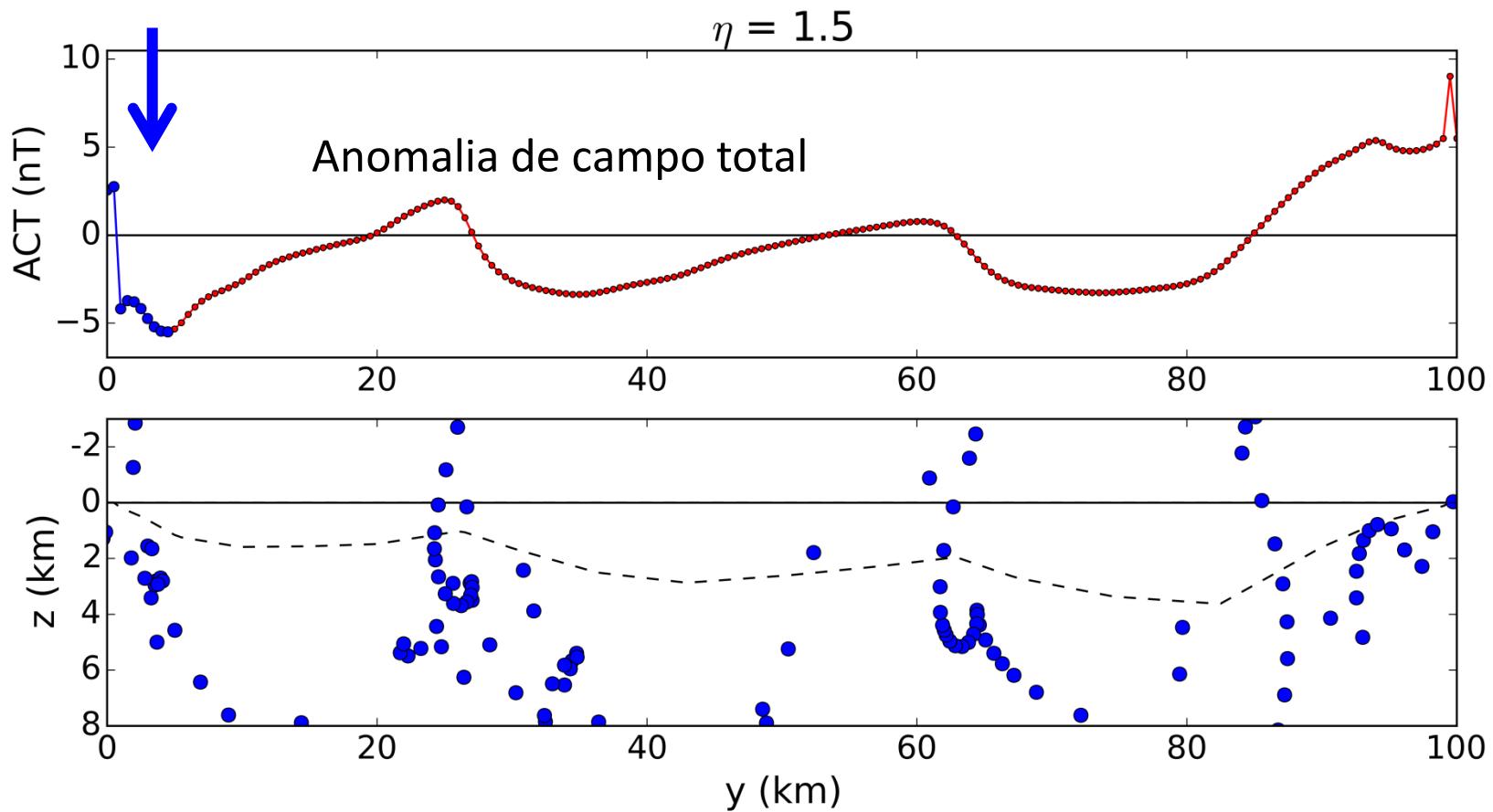


Deconvolução de Euler

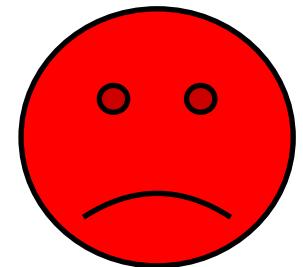


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

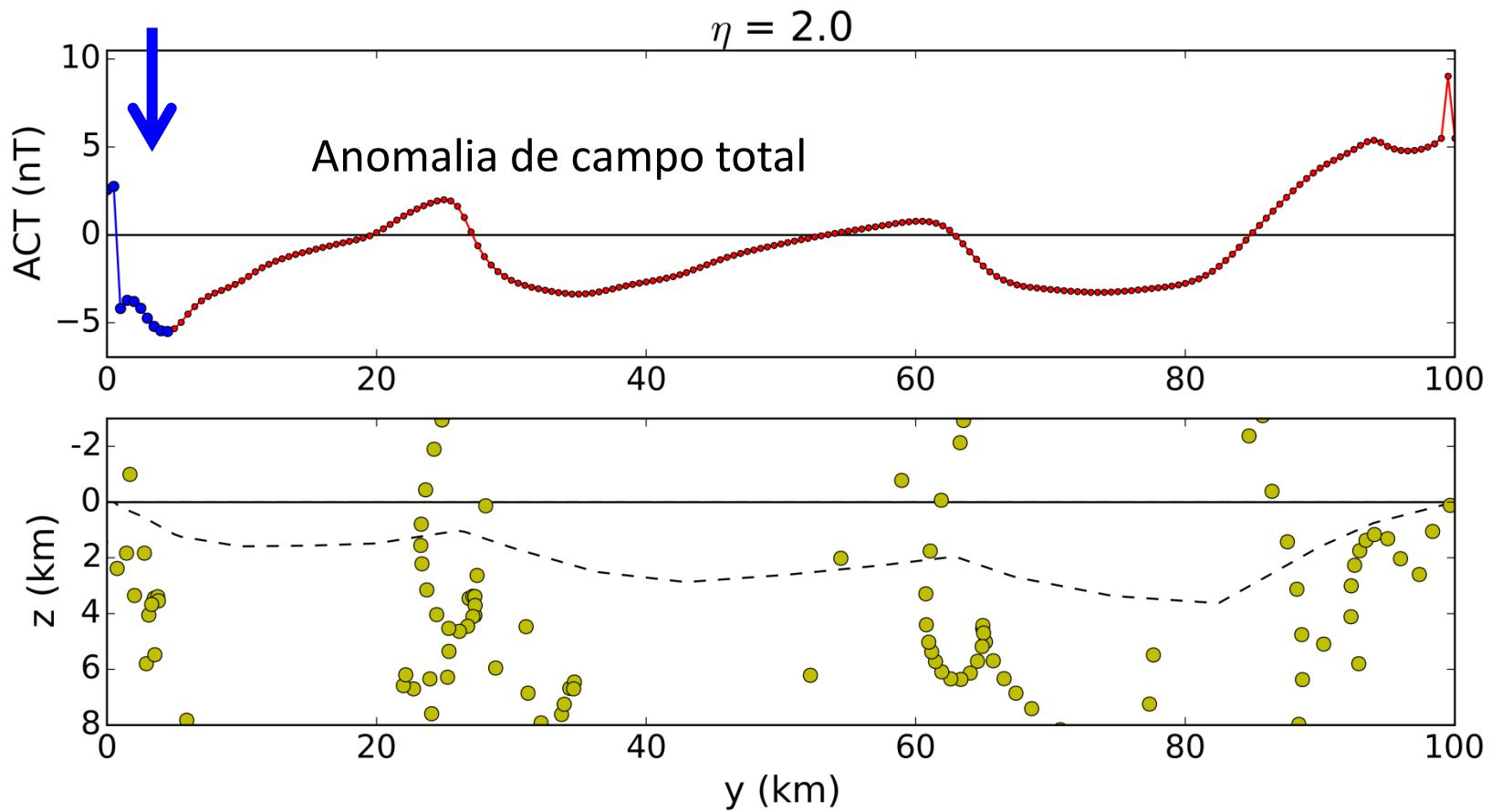


Deconvolução de Euler

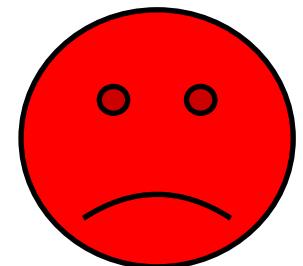


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

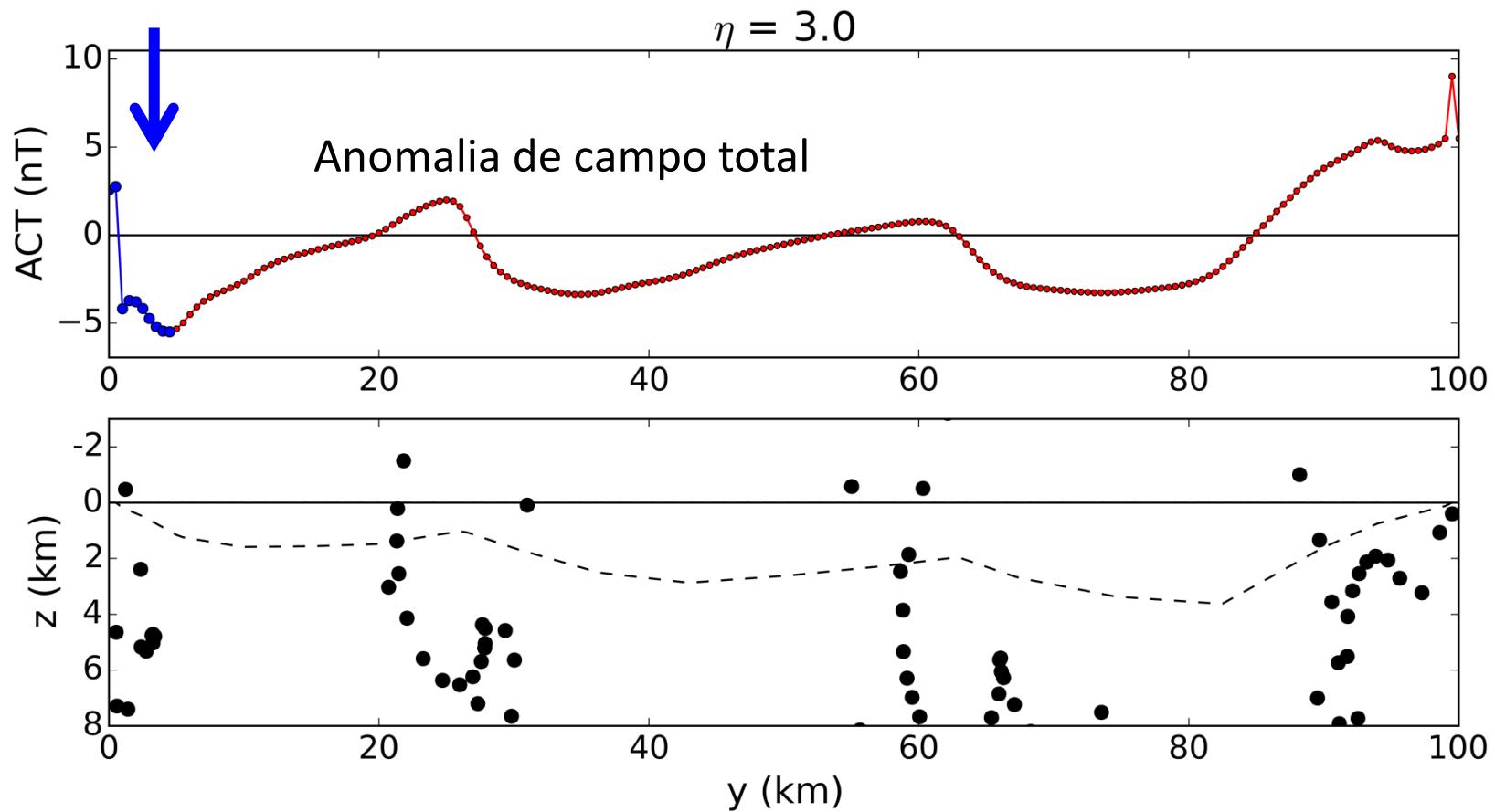


Deconvolução de Euler

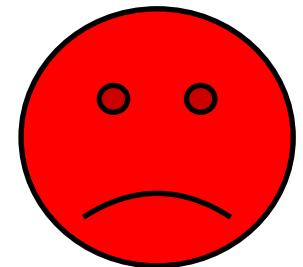


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

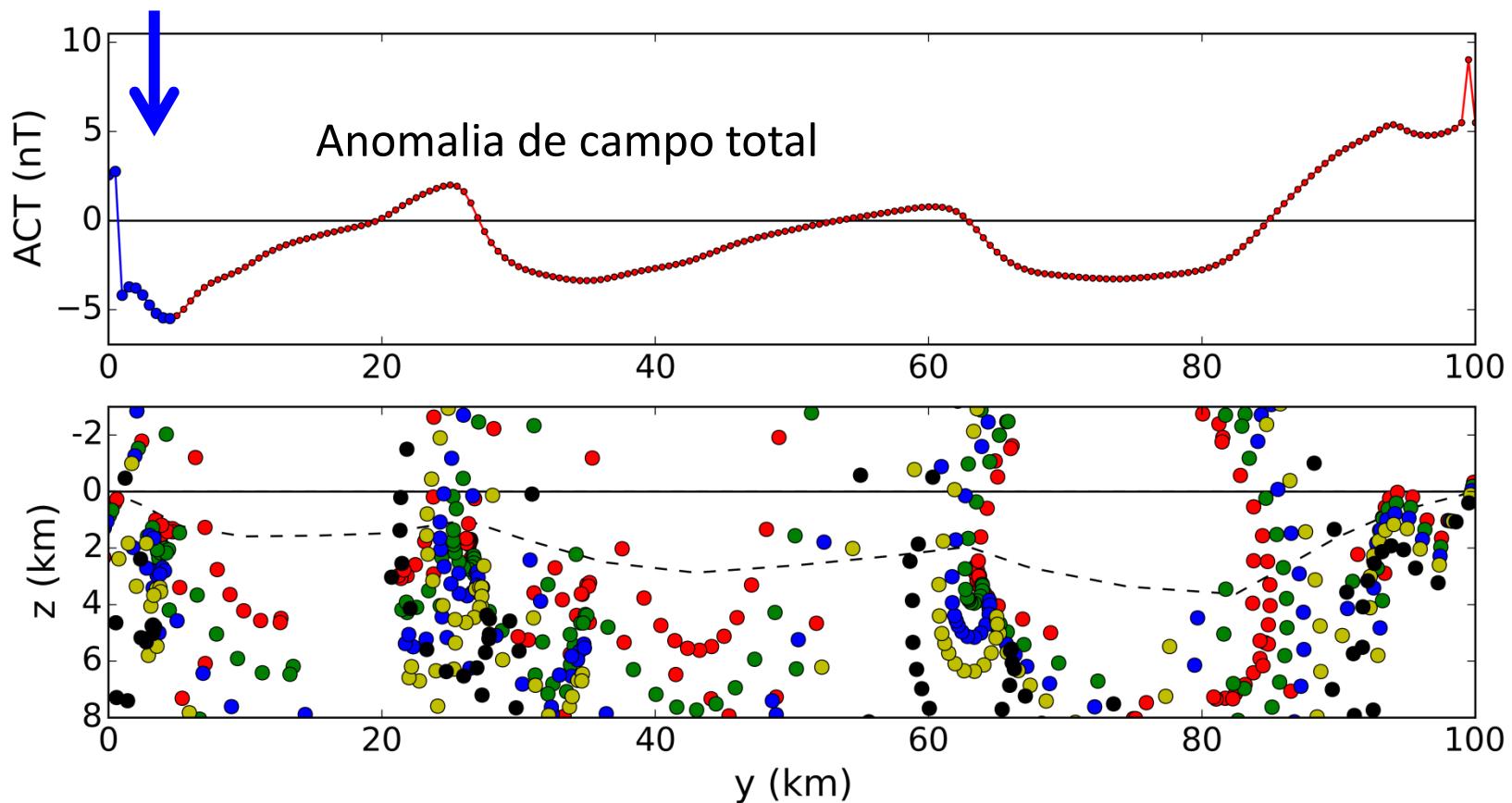


Deconvolução de Euler

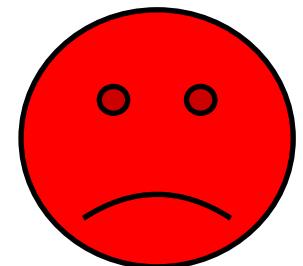


Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

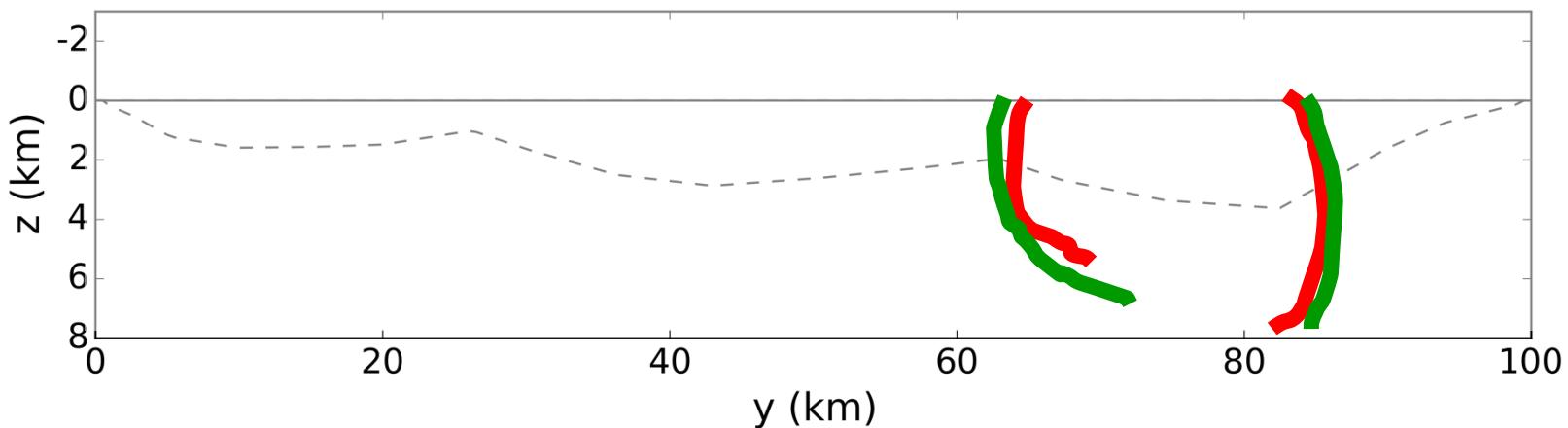
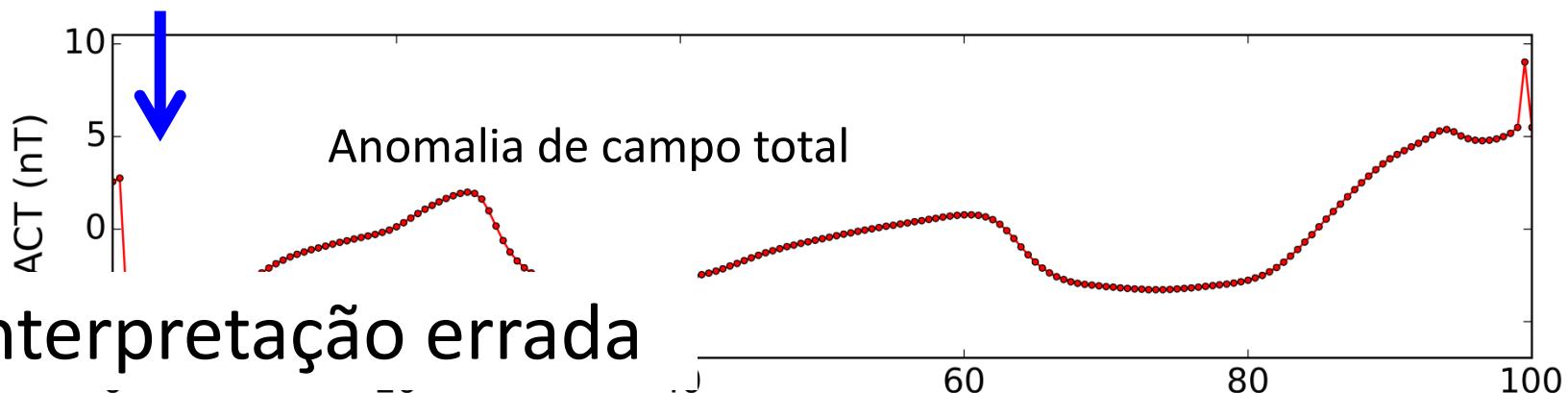


Deconvolução de Euler



Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

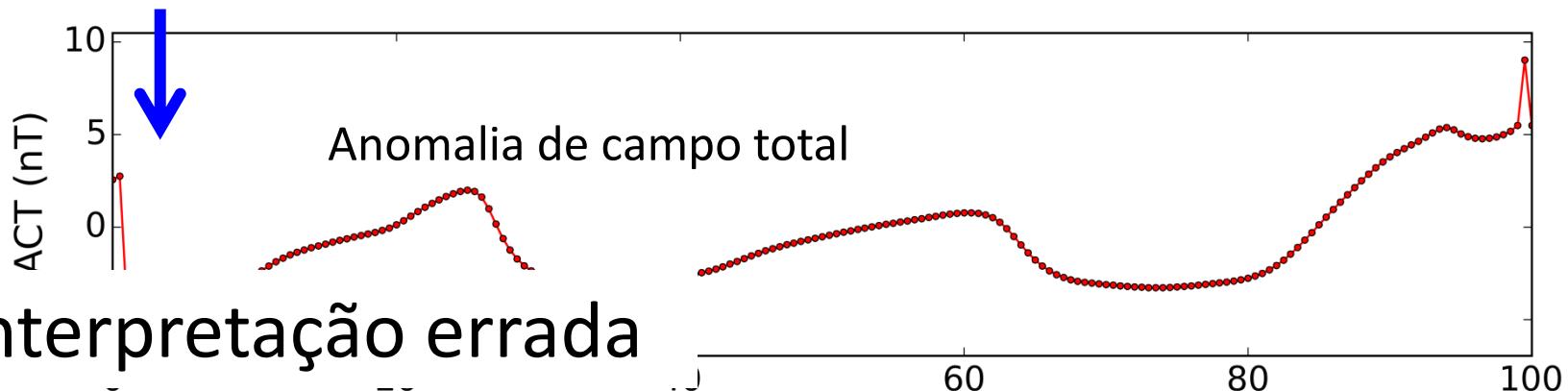


Deconvolução de Euler



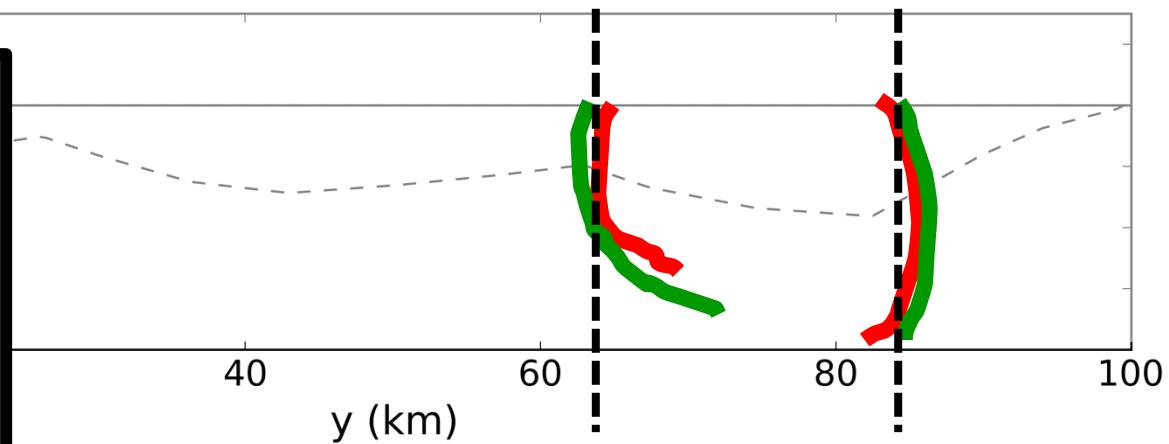
Determinação do relevo do embasamento

Janelas de 10 dados

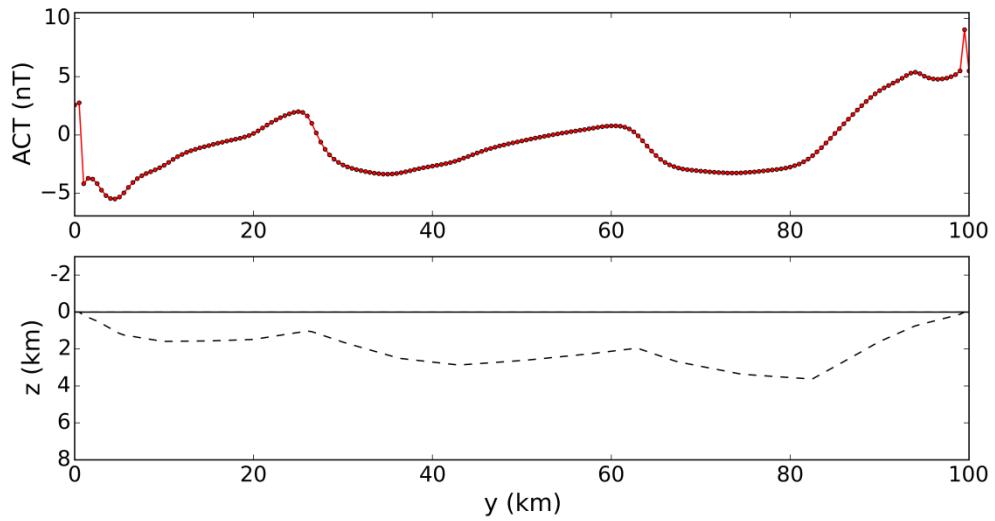
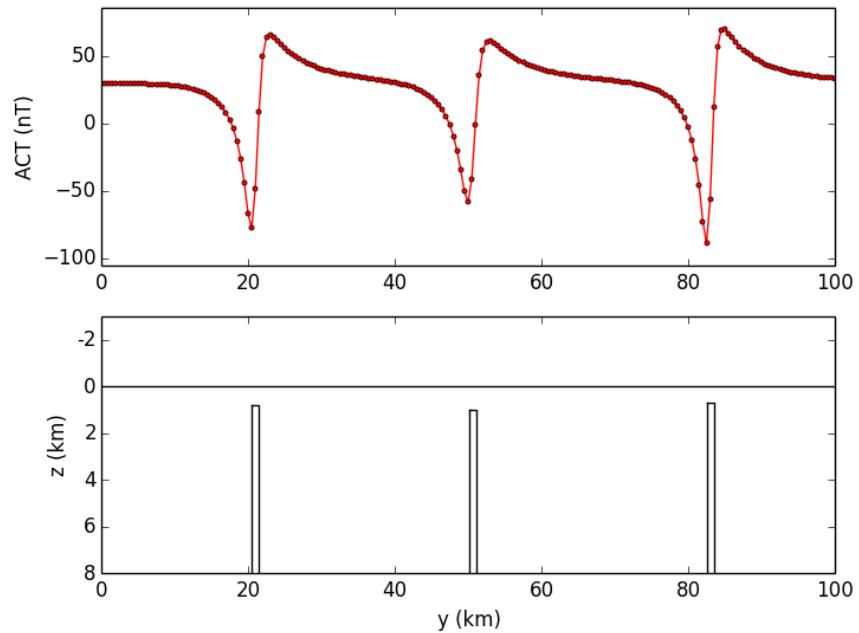


Interpretação errada

No entanto, em geral, a localização horizontal das estruturas é bem estimada



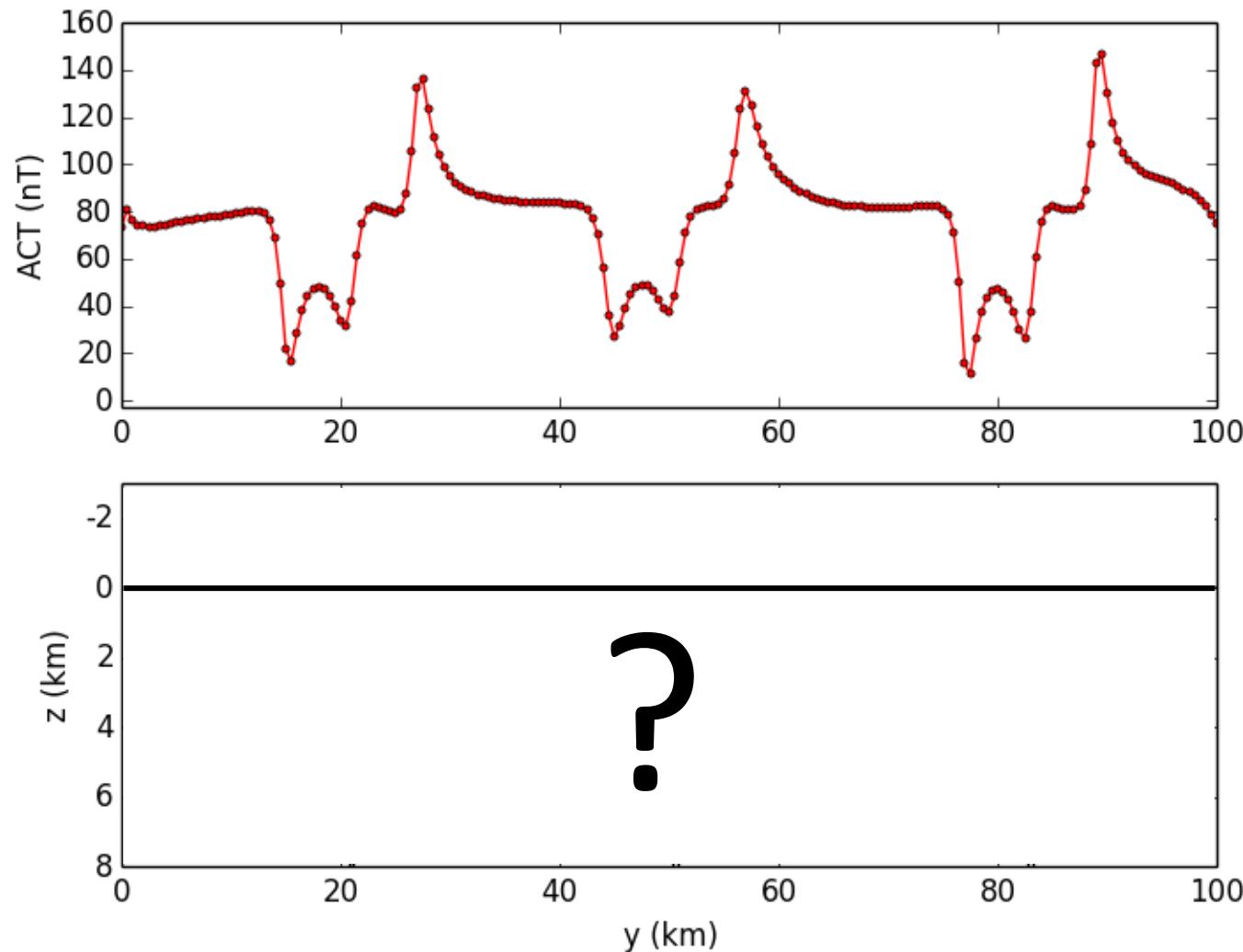
Deconvolução de Euler



Na prática, a Deconvolução de Euler é utilizada em situações geológicas mais complexas que estas

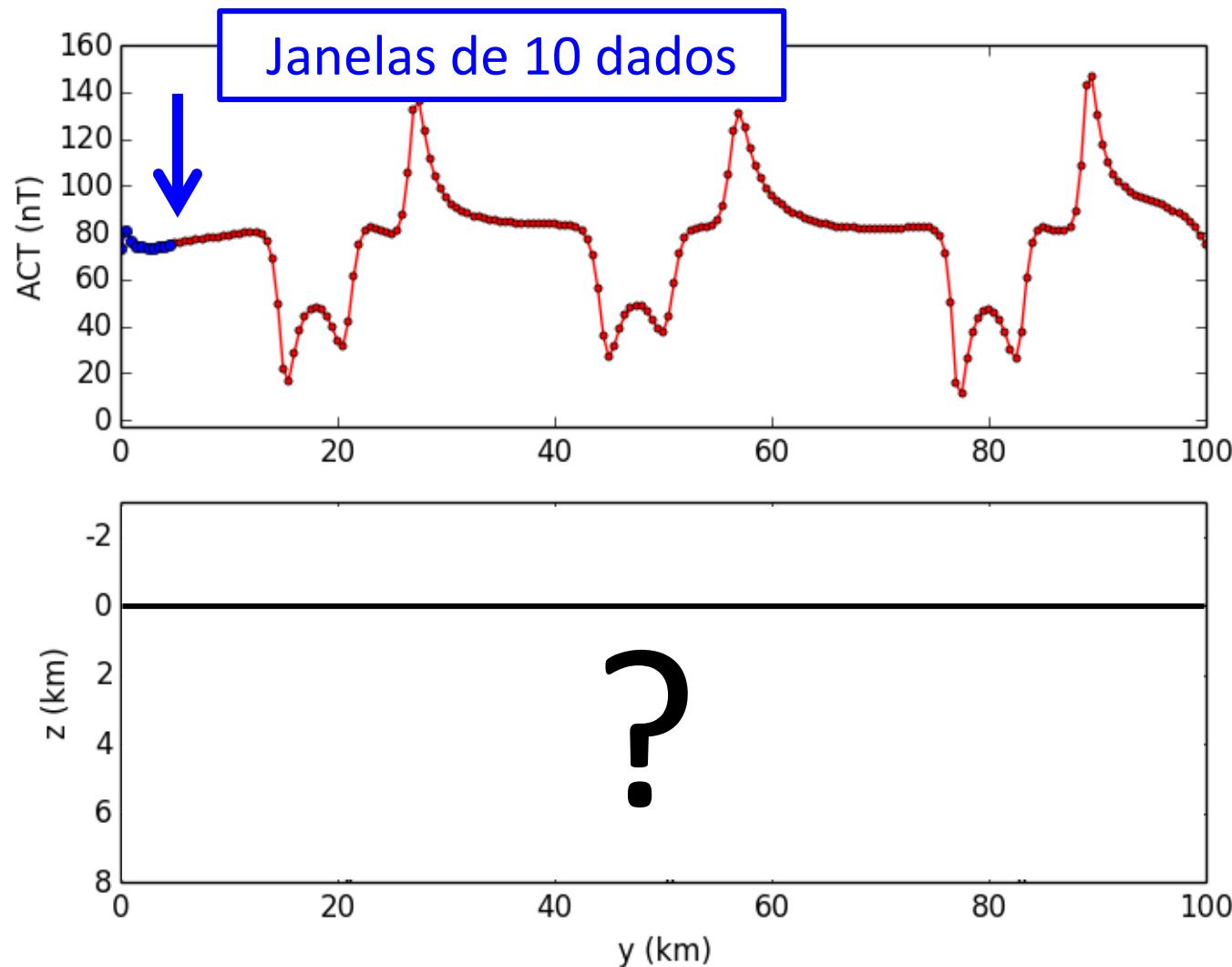
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



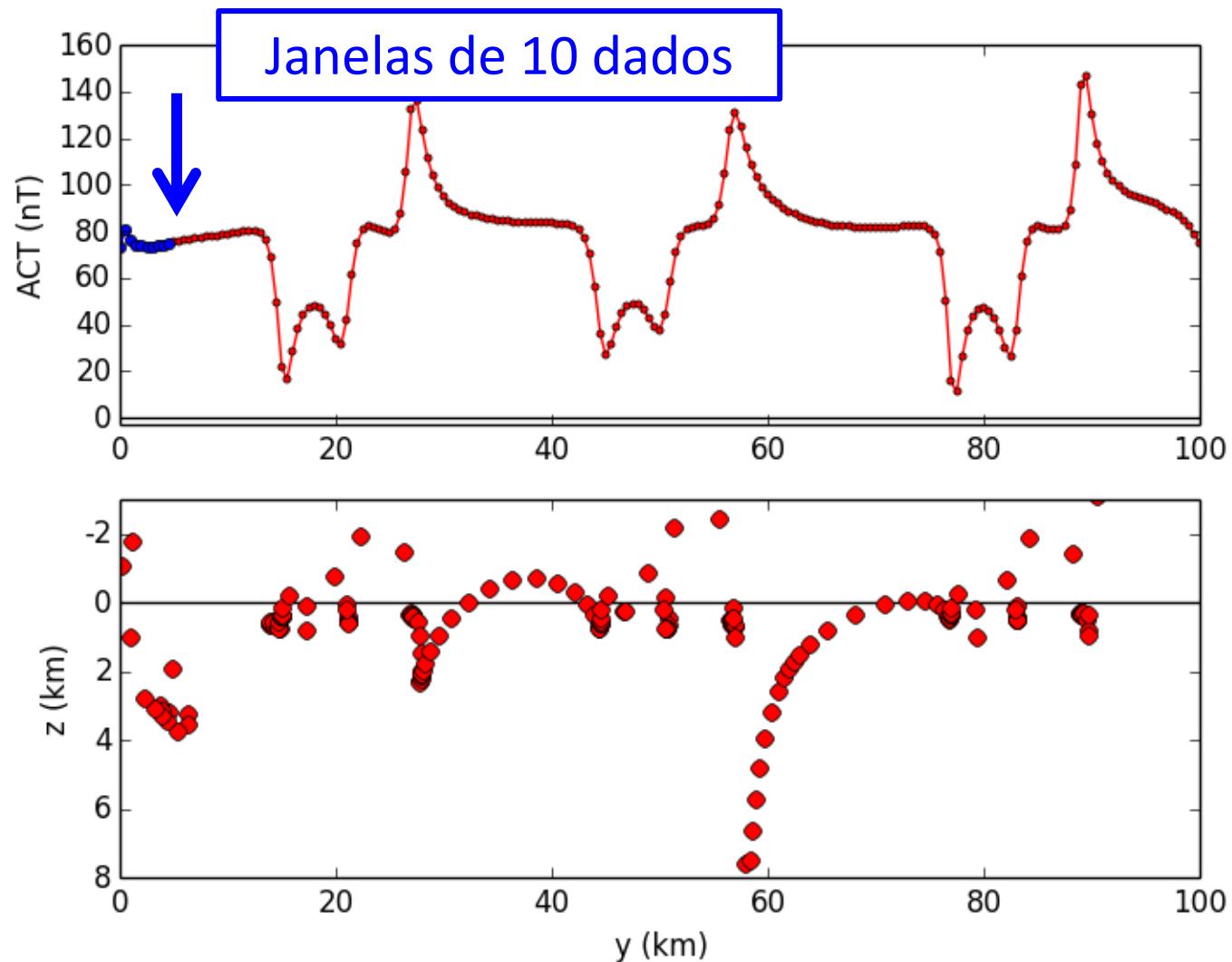
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



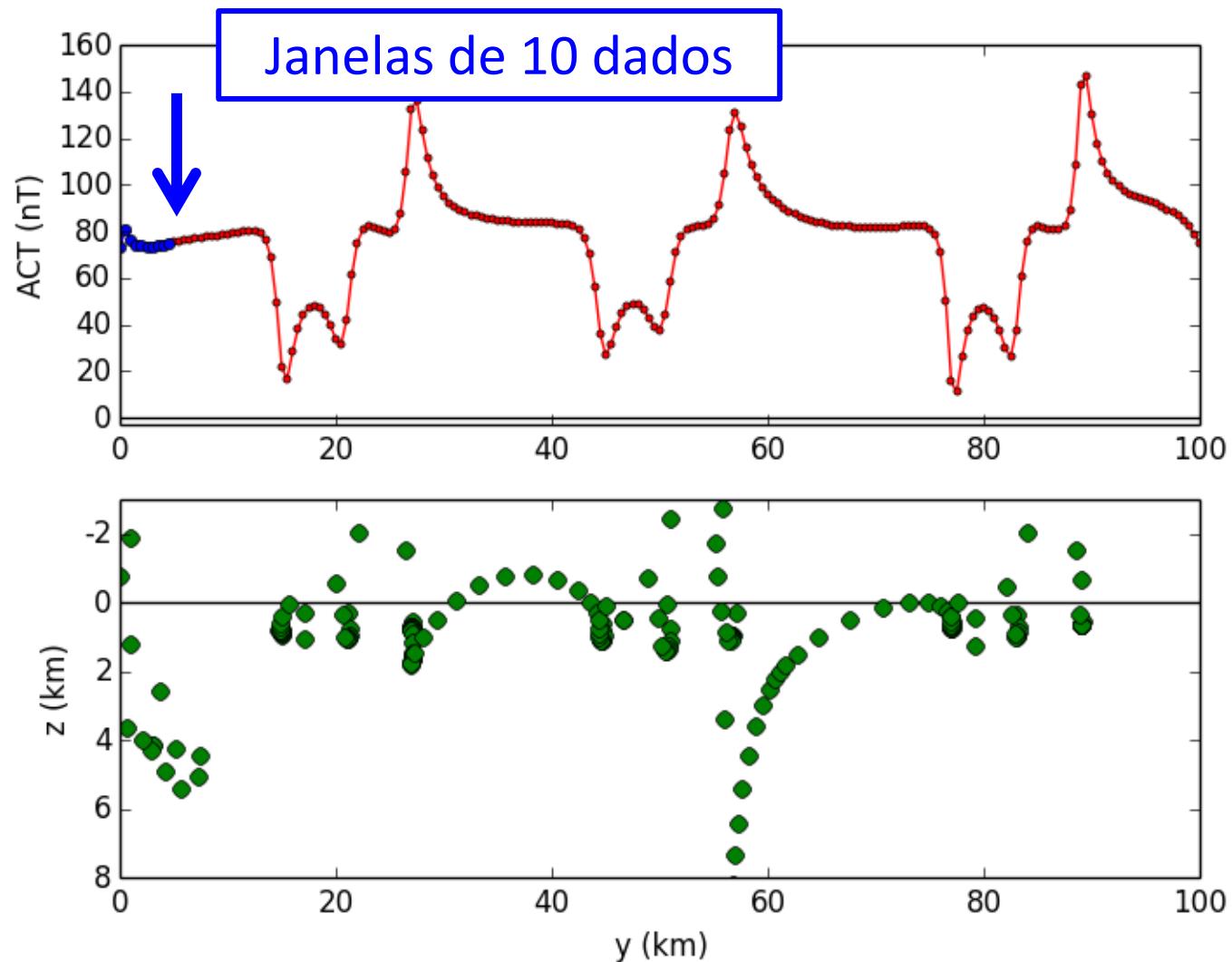
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



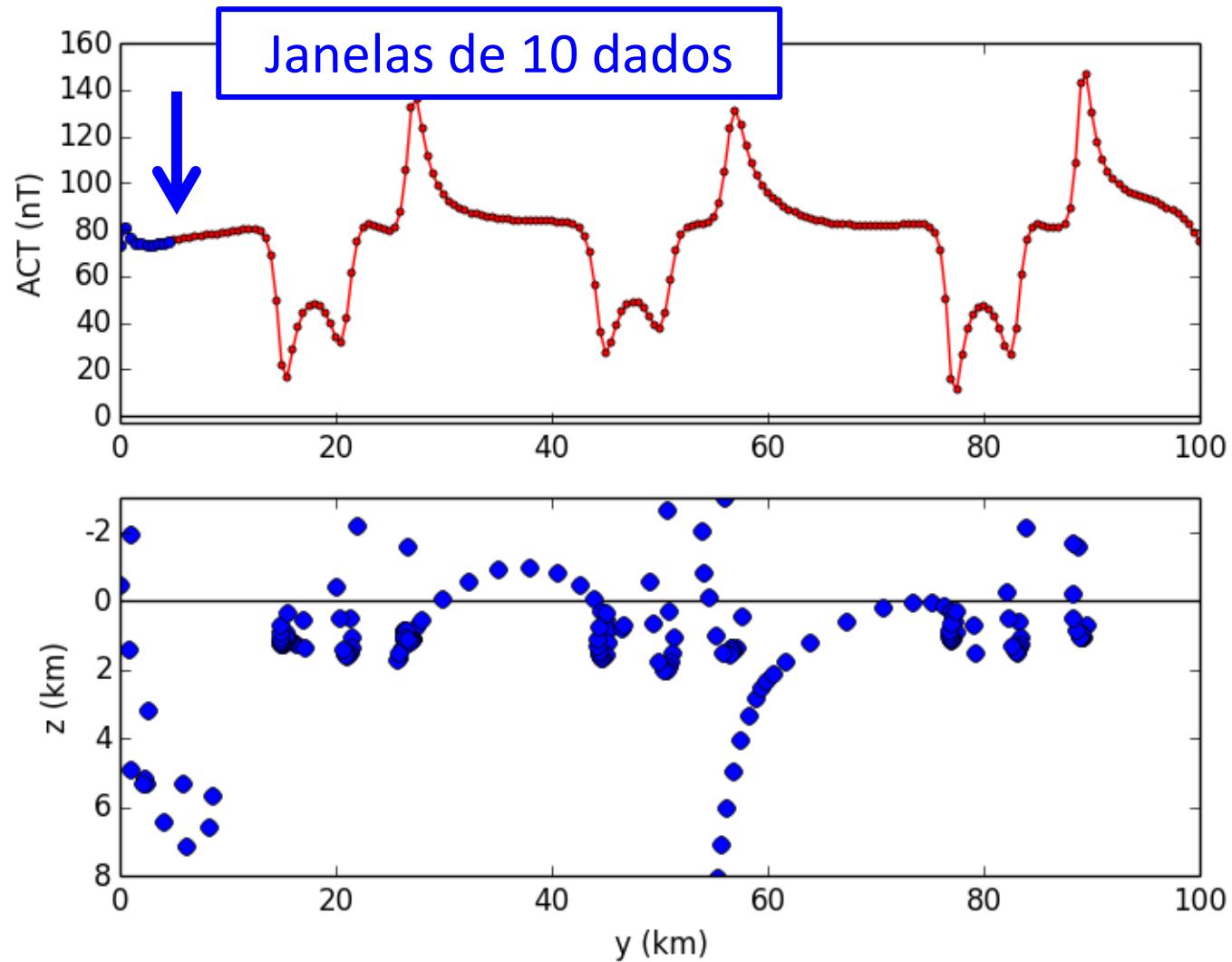
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



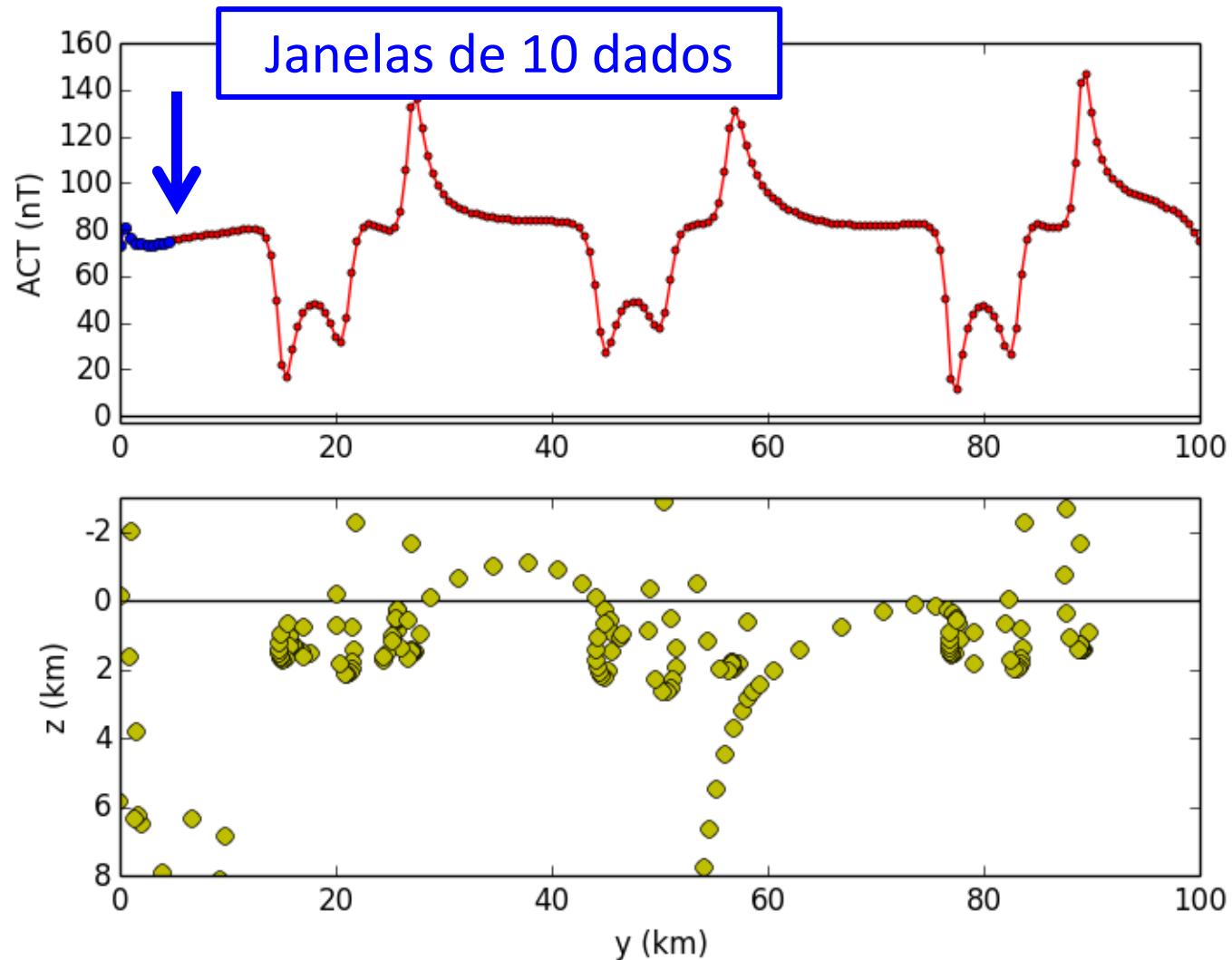
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



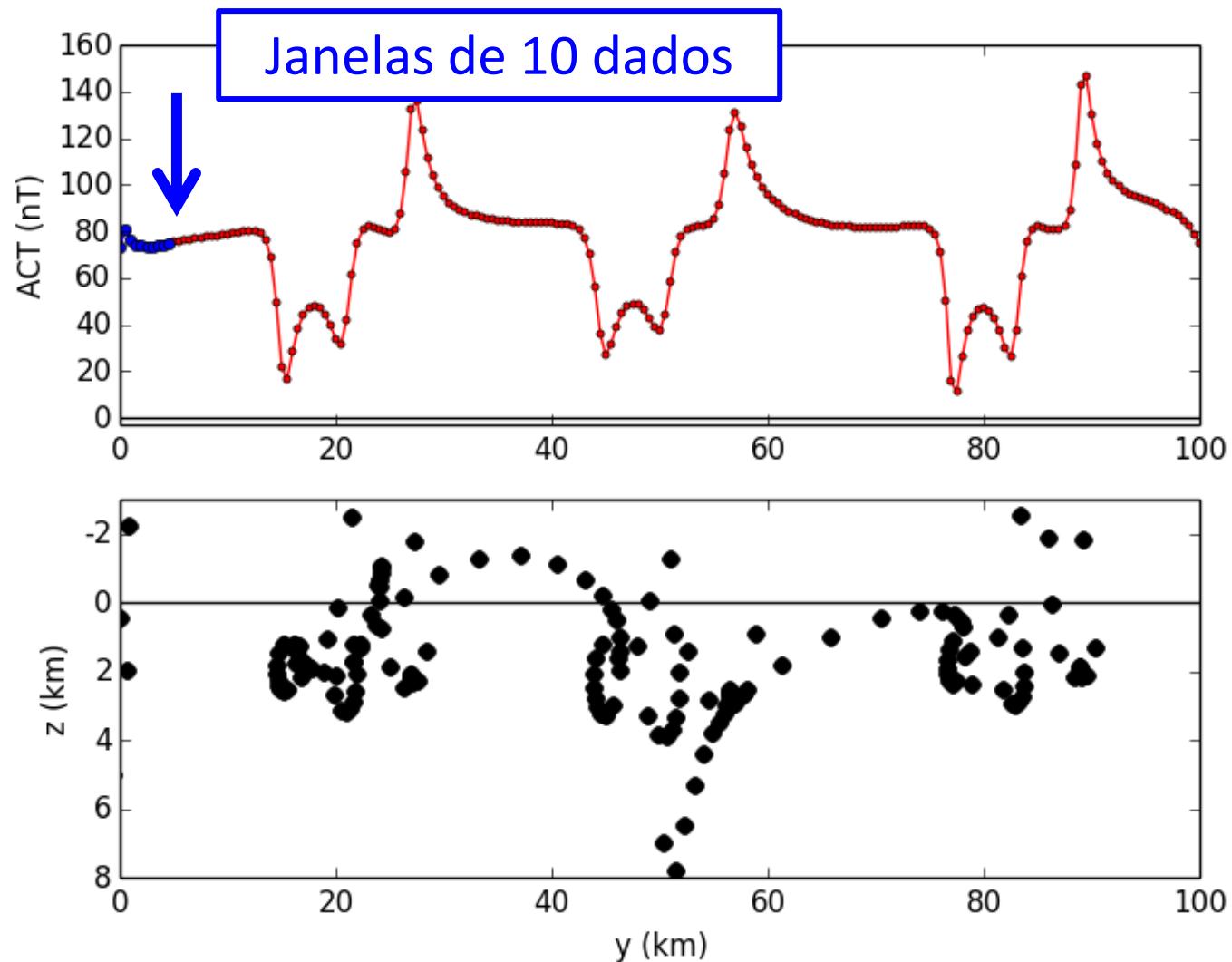
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



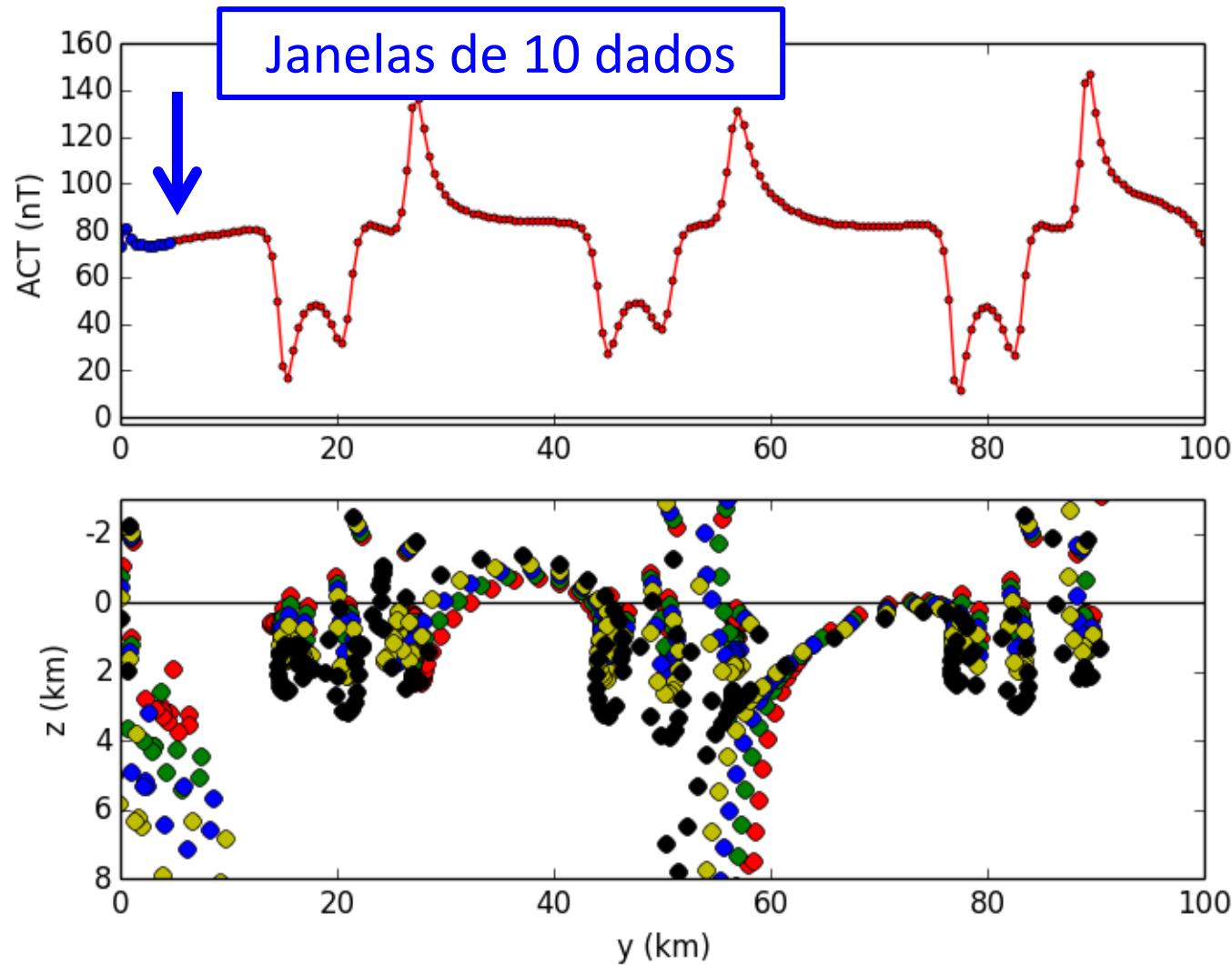
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



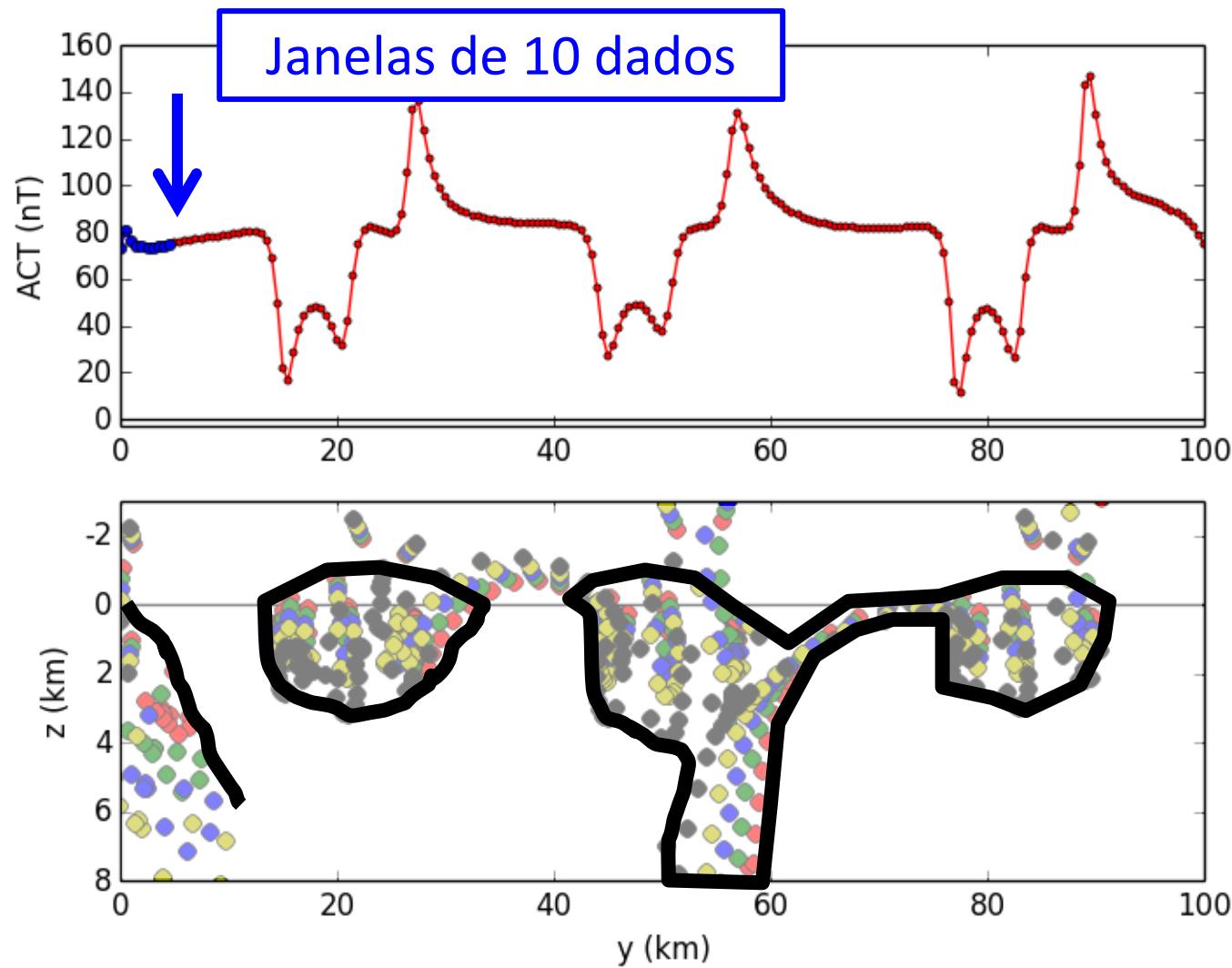
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



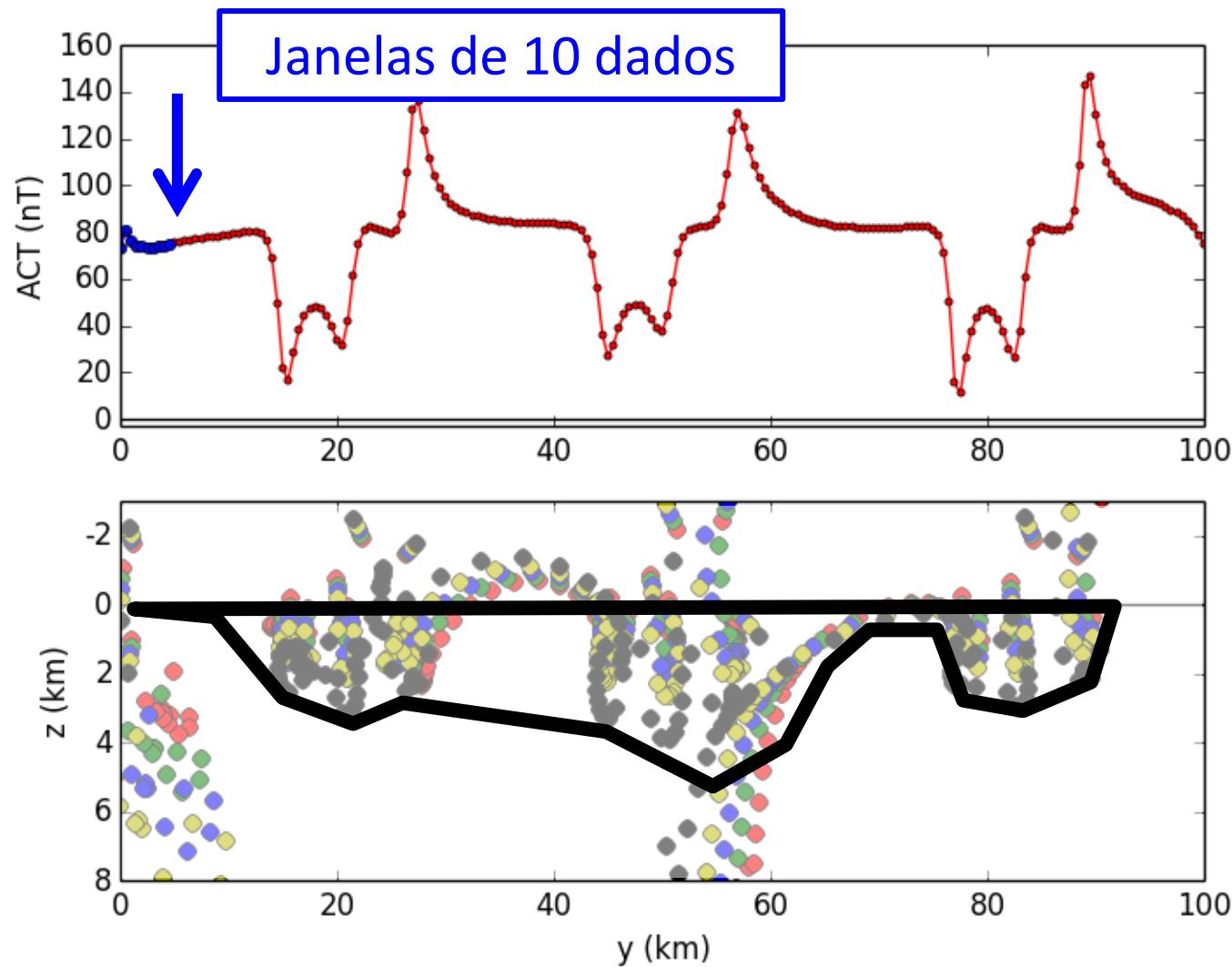
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



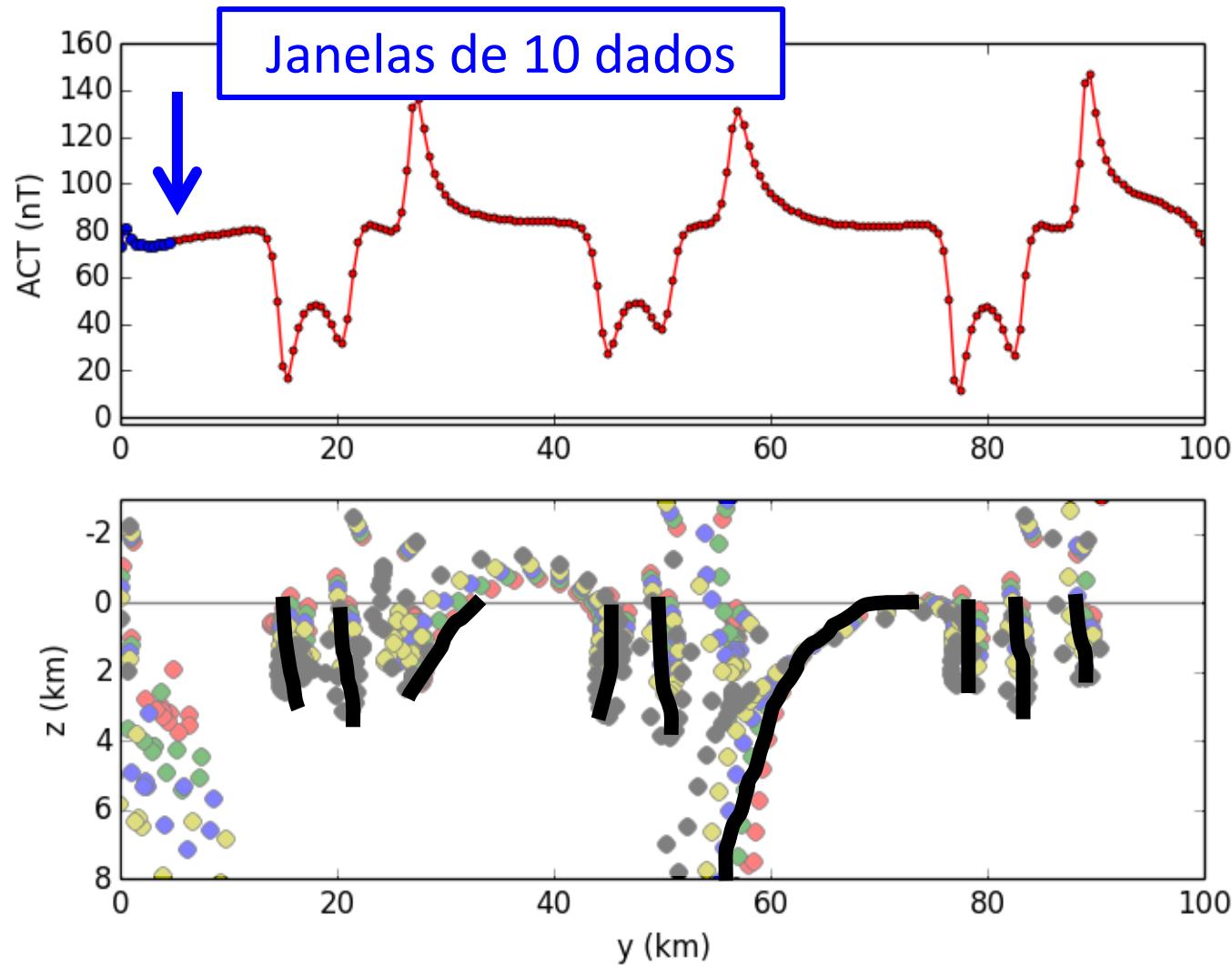
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



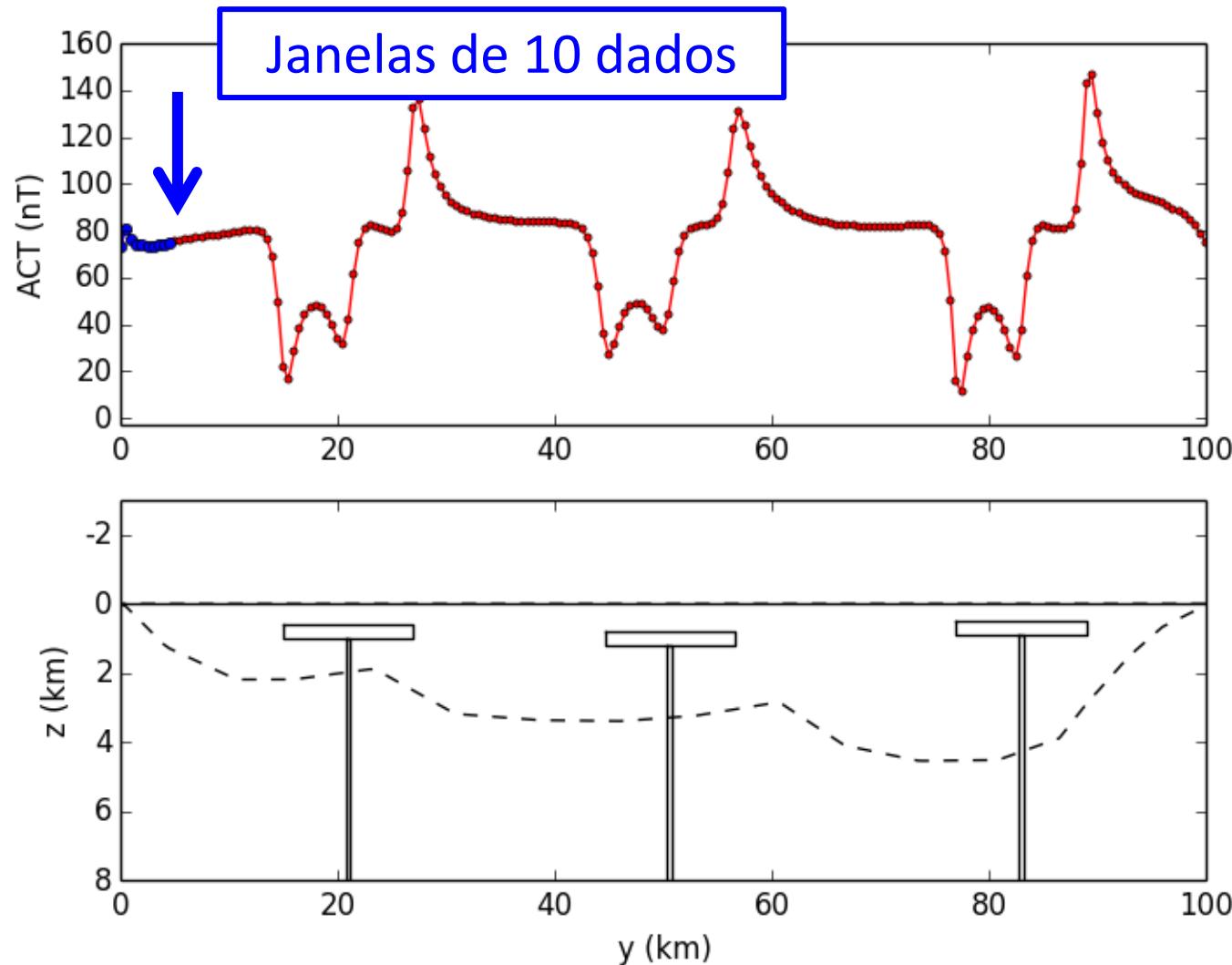
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



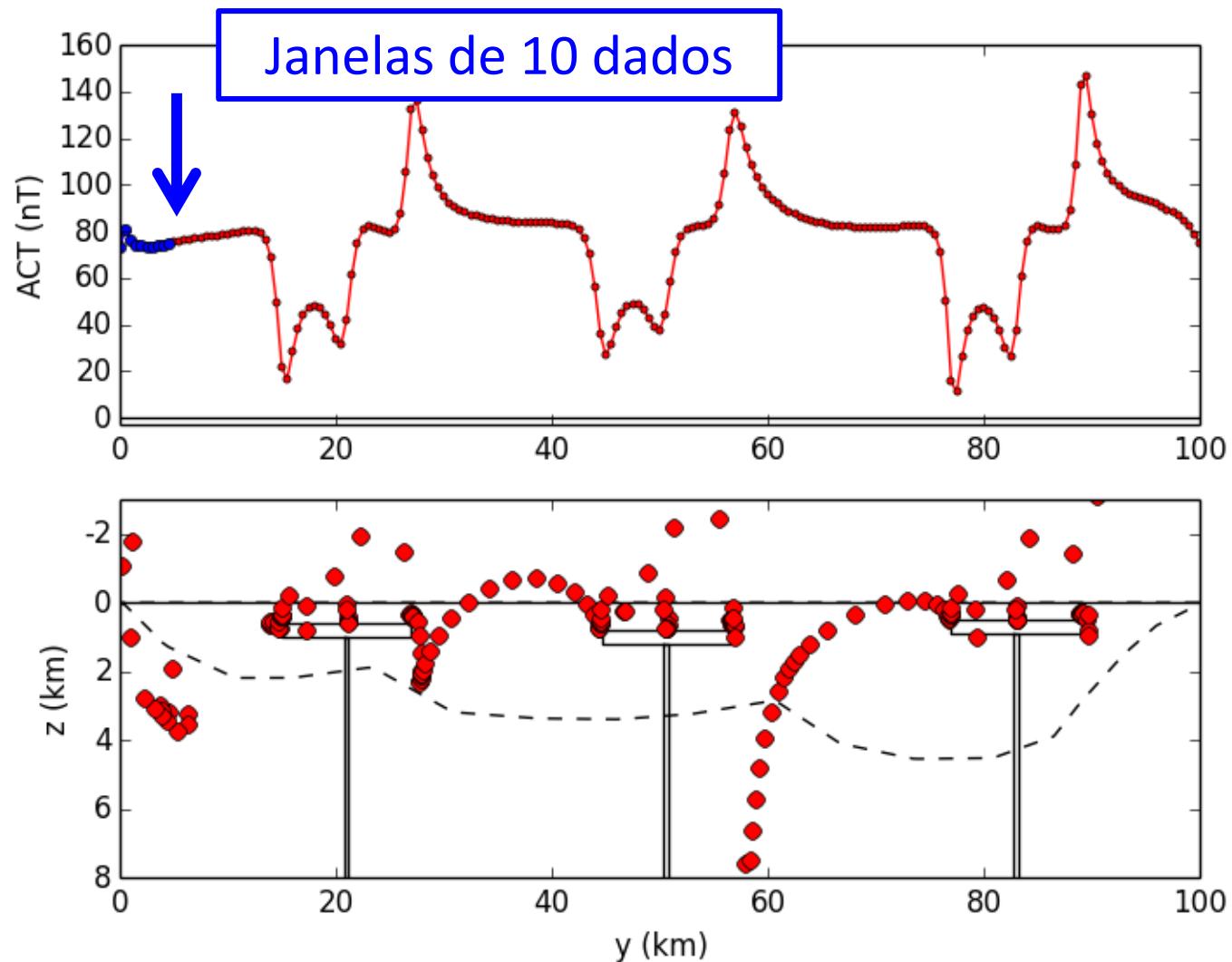
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



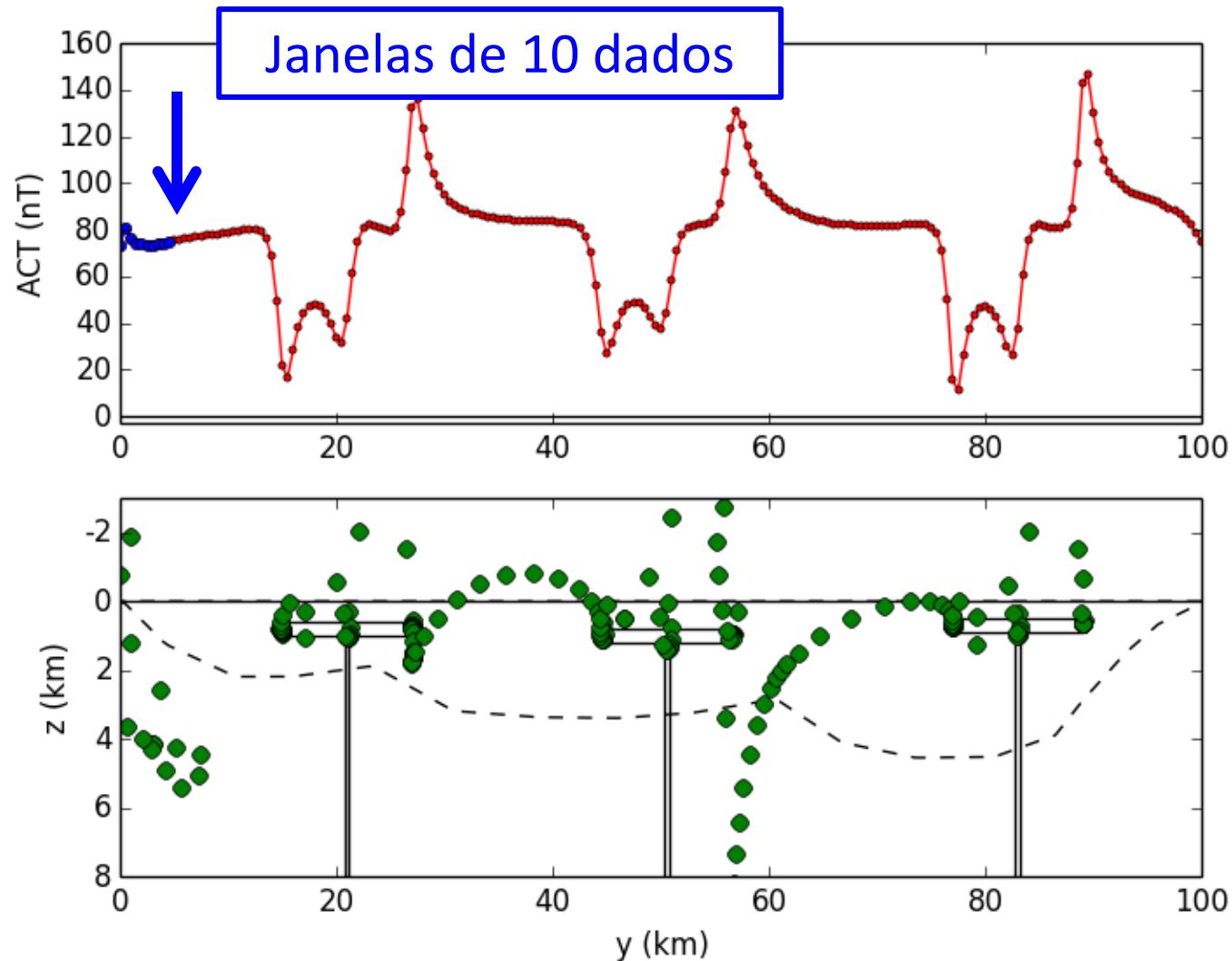
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



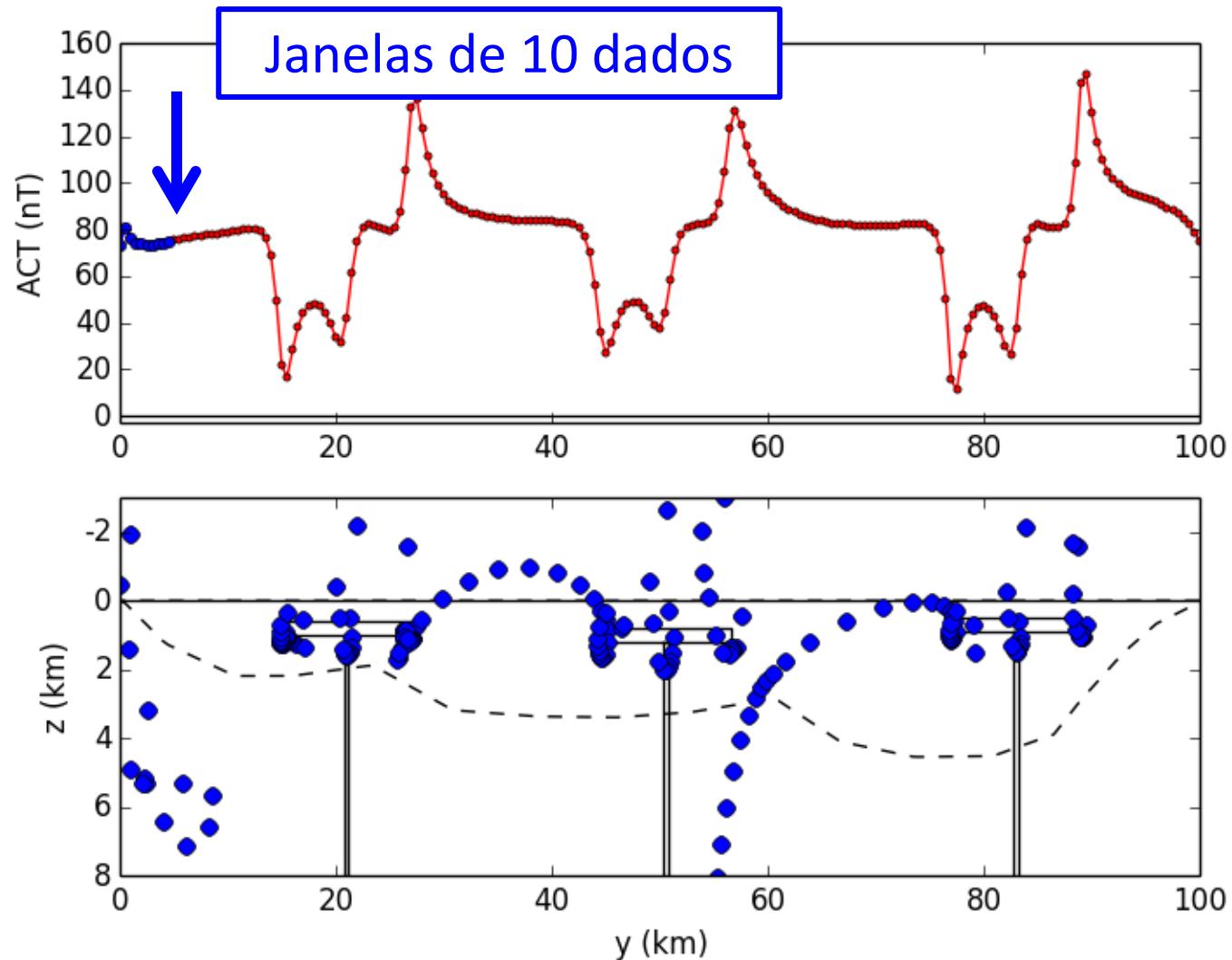
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



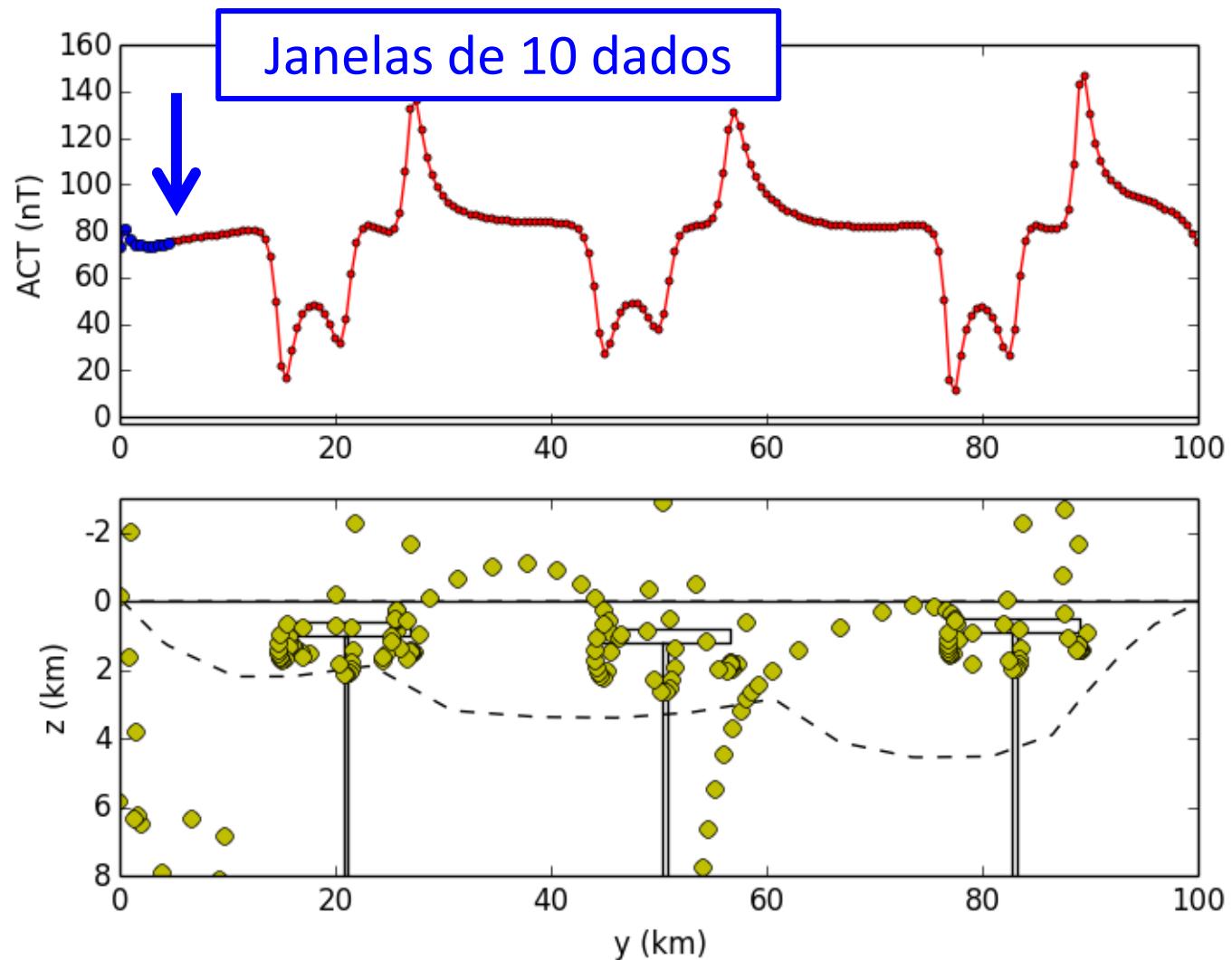
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



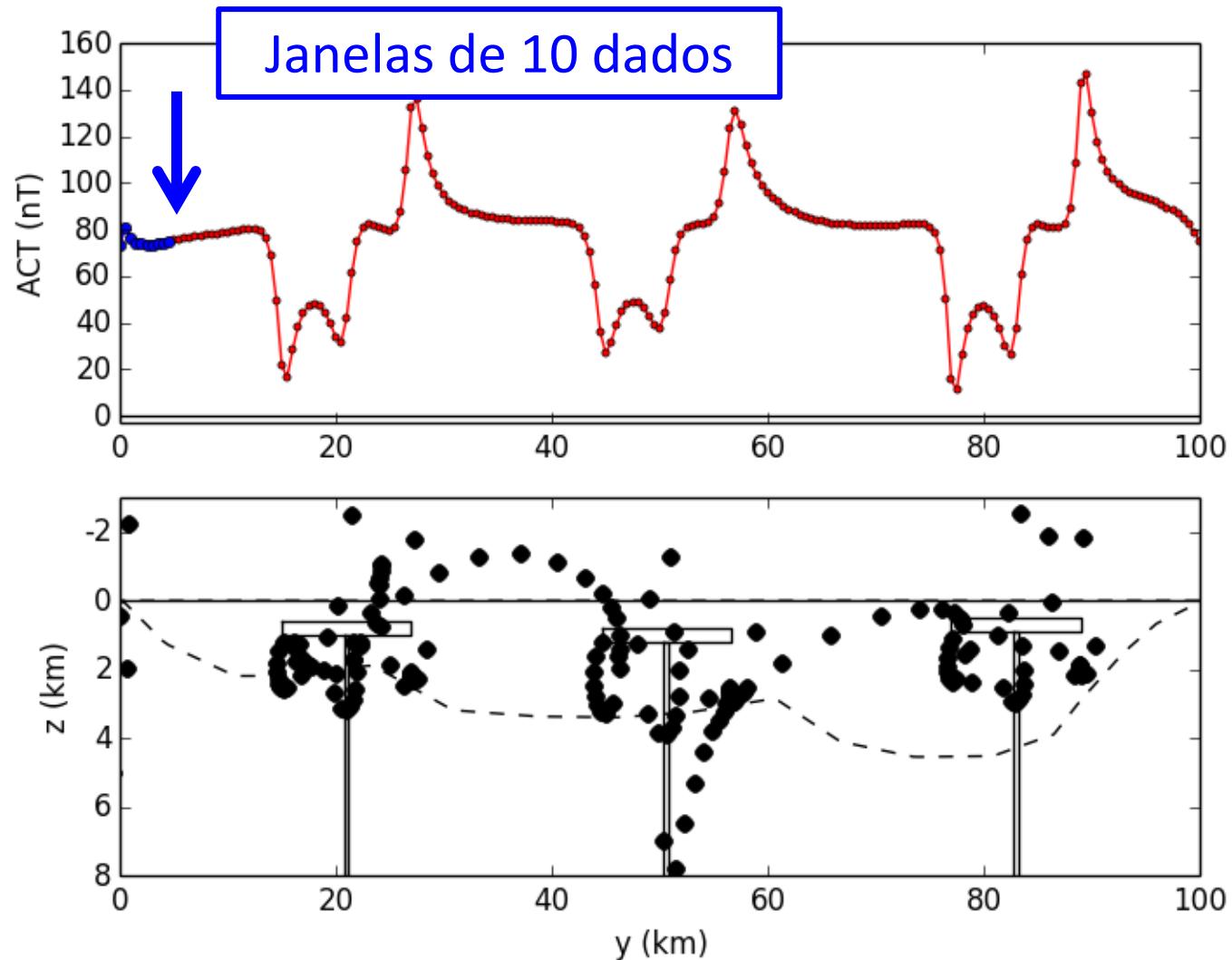
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



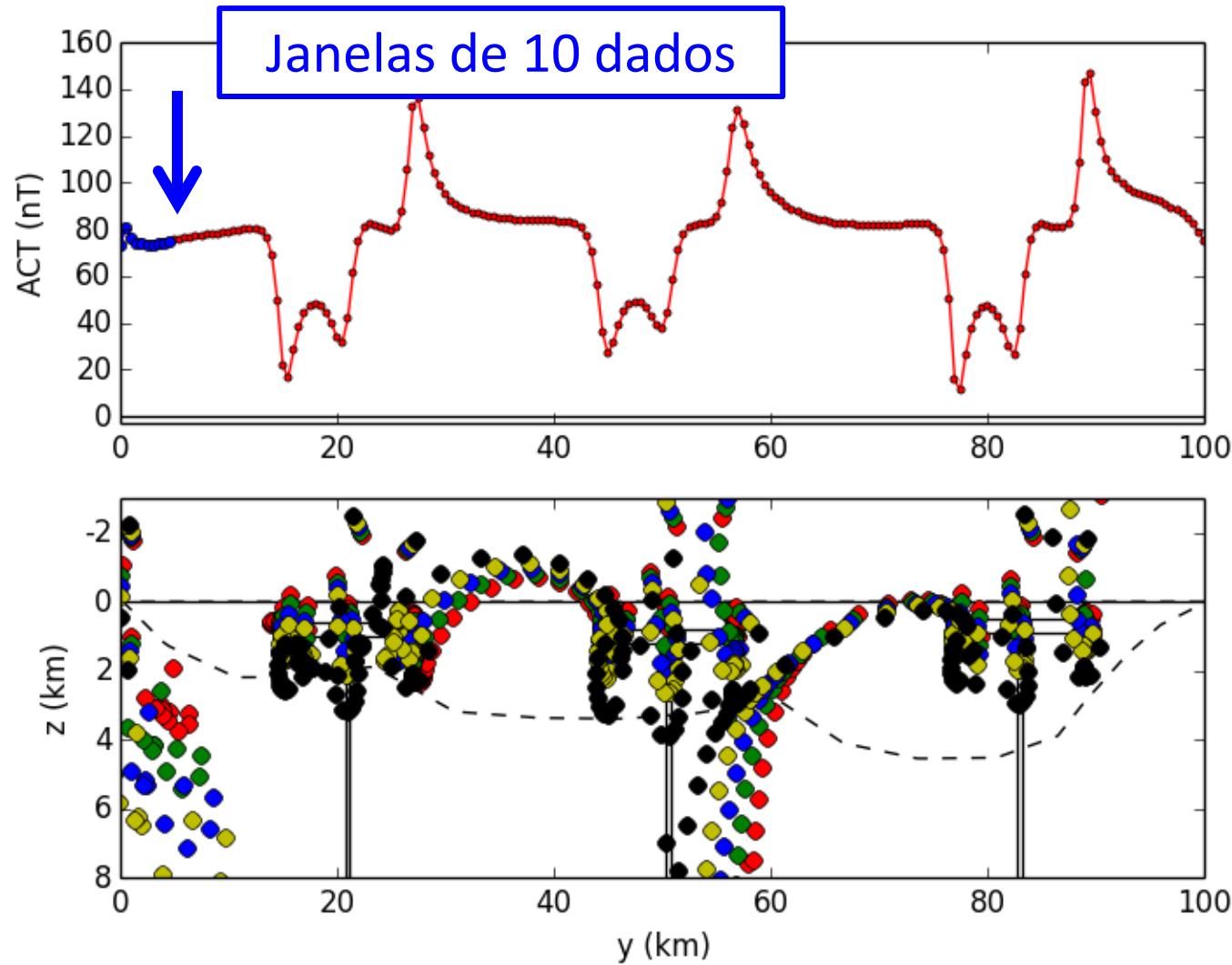
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

Deconvolução de Euler

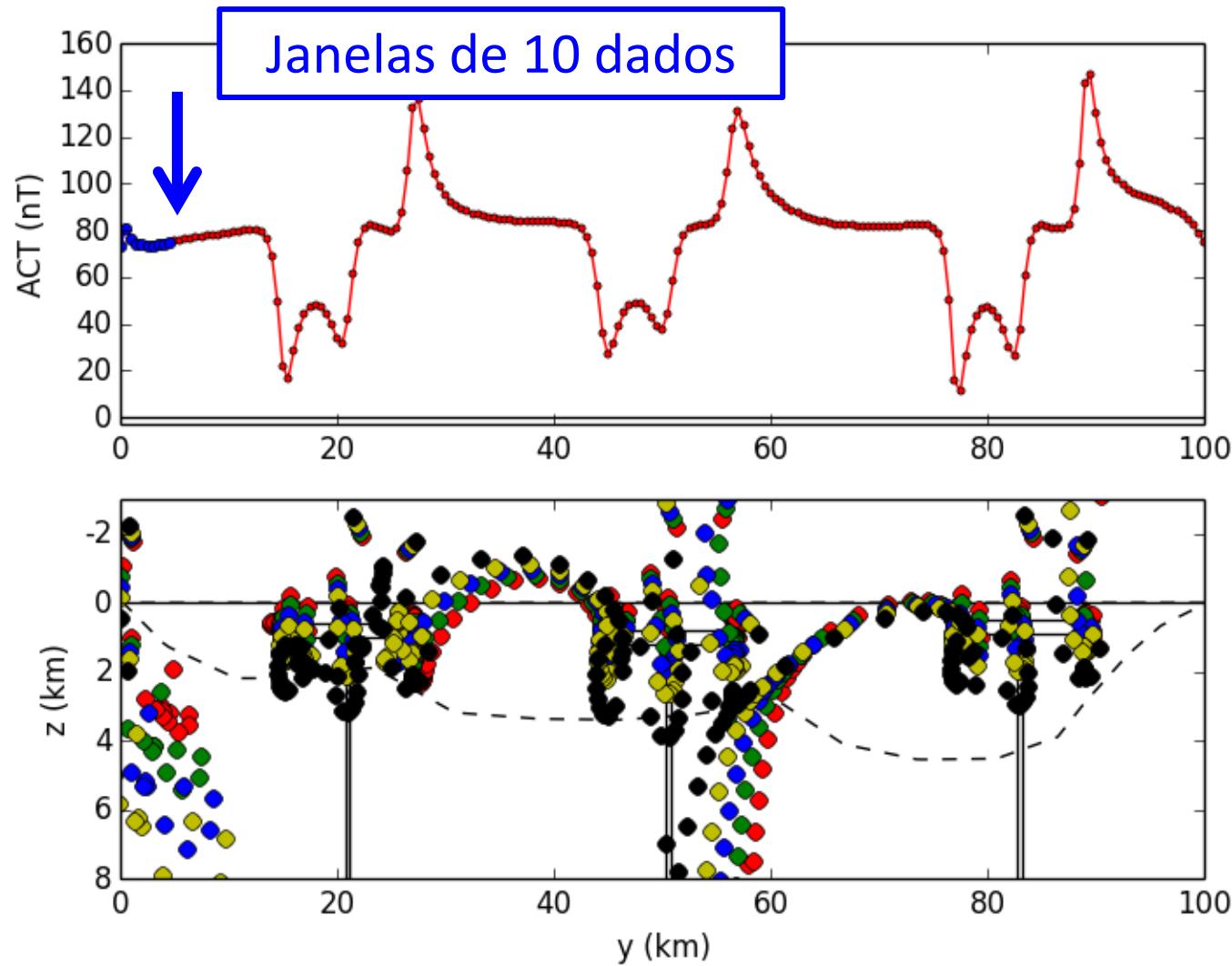
- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

Deconvolução de Euler

- Todos os resultados mostrados aqui foram gerados com dados sem ruído
- A presença de ruído piora o desempenho do método
- Além disso, fontes interferentes também prejudicam o método
- O índice estrutural não é um parâmetro que pode ser “regulado” tal como o volume de um rádio
- O índice estrutural é uma informação a priori sobre o tipo de fonte
- A “nuvem de soluções” NÃO tem uma relação direta com a forma das fontes
- A Deconvolução de Euler NÃO deve ser utilizada para a determinação do relevo do embasamento, mas sim para a determinação de algumas estruturas no embasamento

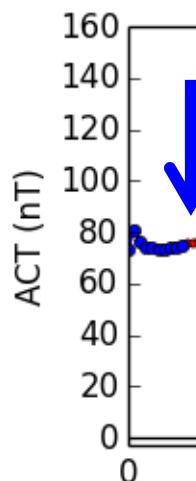
Deconvolução de Euler

Situação mais complexa

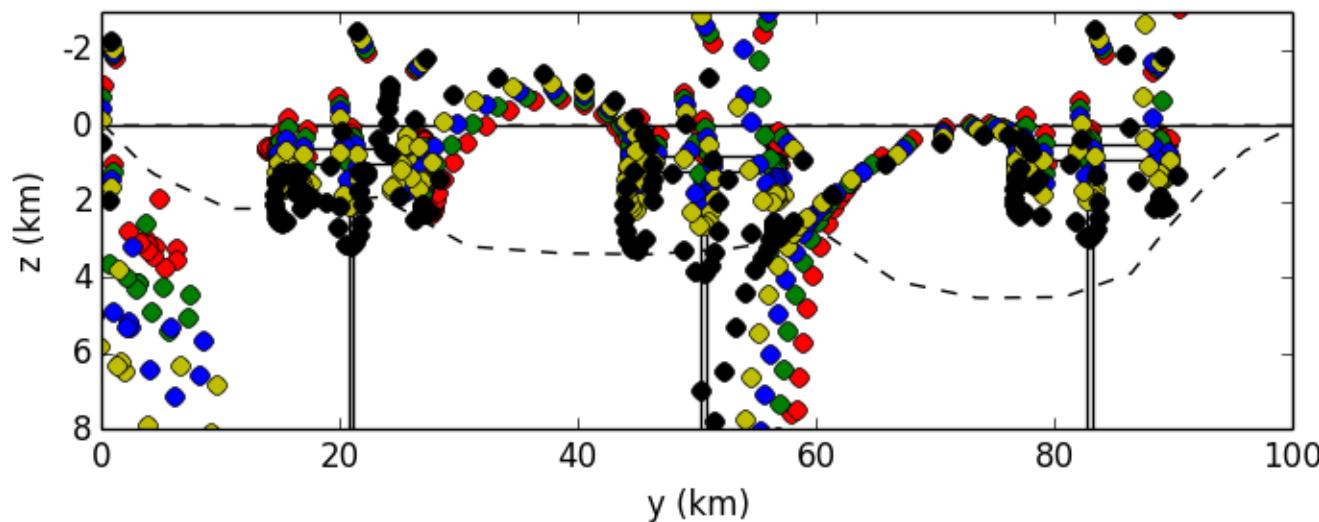


Deconvolução de Euler

Situação mais complexa



Junto com a Deconvolução de Euler, o Gradiente Total ou Amplitude do Sinal Analítico é uma técnica que pode contribuir muito para a interpretação de ambientes complexos



Estrutura

- Deconvolução de Euler ←
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
- Sinal Analítico ←
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
- Camada Equivalente ←
- Comentários Finais

Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

Amplitude do Sinal Analítico

- Essa técnica surgiu nos anos 70 e foi desenvolvida por Nabighian (1972, 1974)
- Inicialmente, foi desenvolvida para a interpretação de corpos 2D
- Neste caso, é independente da direção de magnetização das fontes em subsuperfície
- Nabighian (1984) forneceu as bases para a generalização da técnica para situações 3D
- Posteriormente, Roest et al. (1992) definiu o que ficou conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (ASA) 3D, que é a amplitude do gradiente da anomalia de campo total ou Gradiente Total

Amplitude do Sinal Analítico

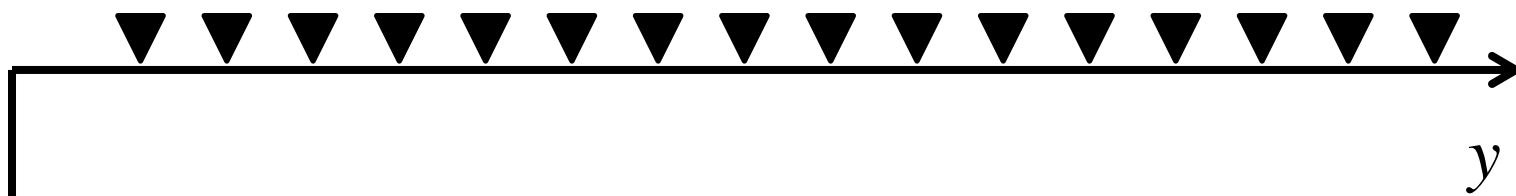
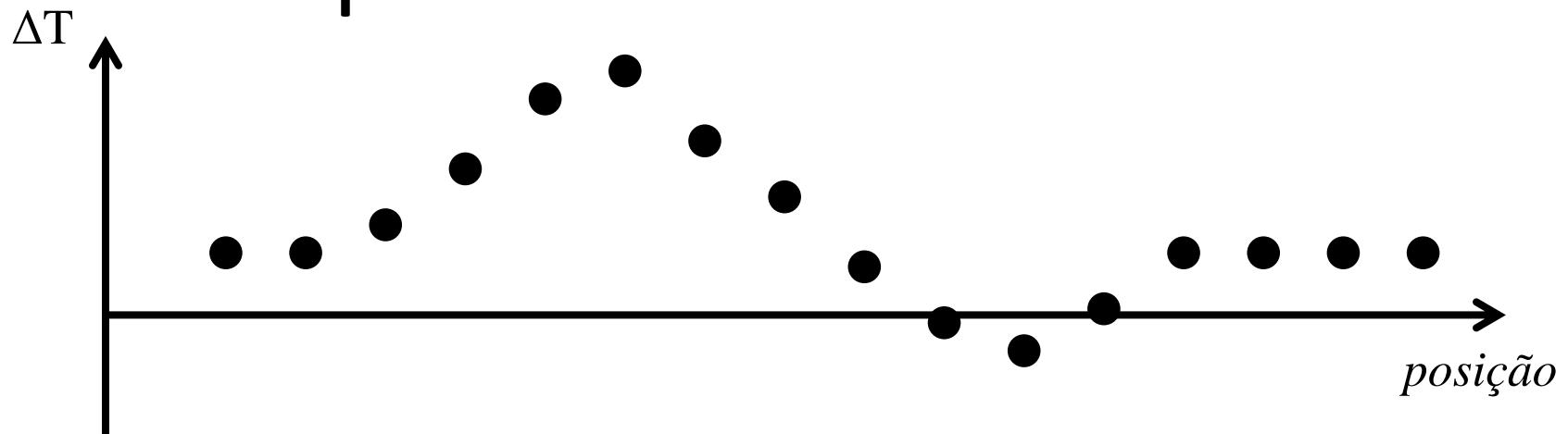
Durante anos, vários pesquisadores afirmaram que a ASA 3D **NÃO DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

Amplitude do Sinal Analítico

Durante anos, vários pesquisadores afirmaram que a ASA 3D **NÃO DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

O trabalho de Li (2006) bota um ponto final neste assunto e mostra que a ASA 3D **DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

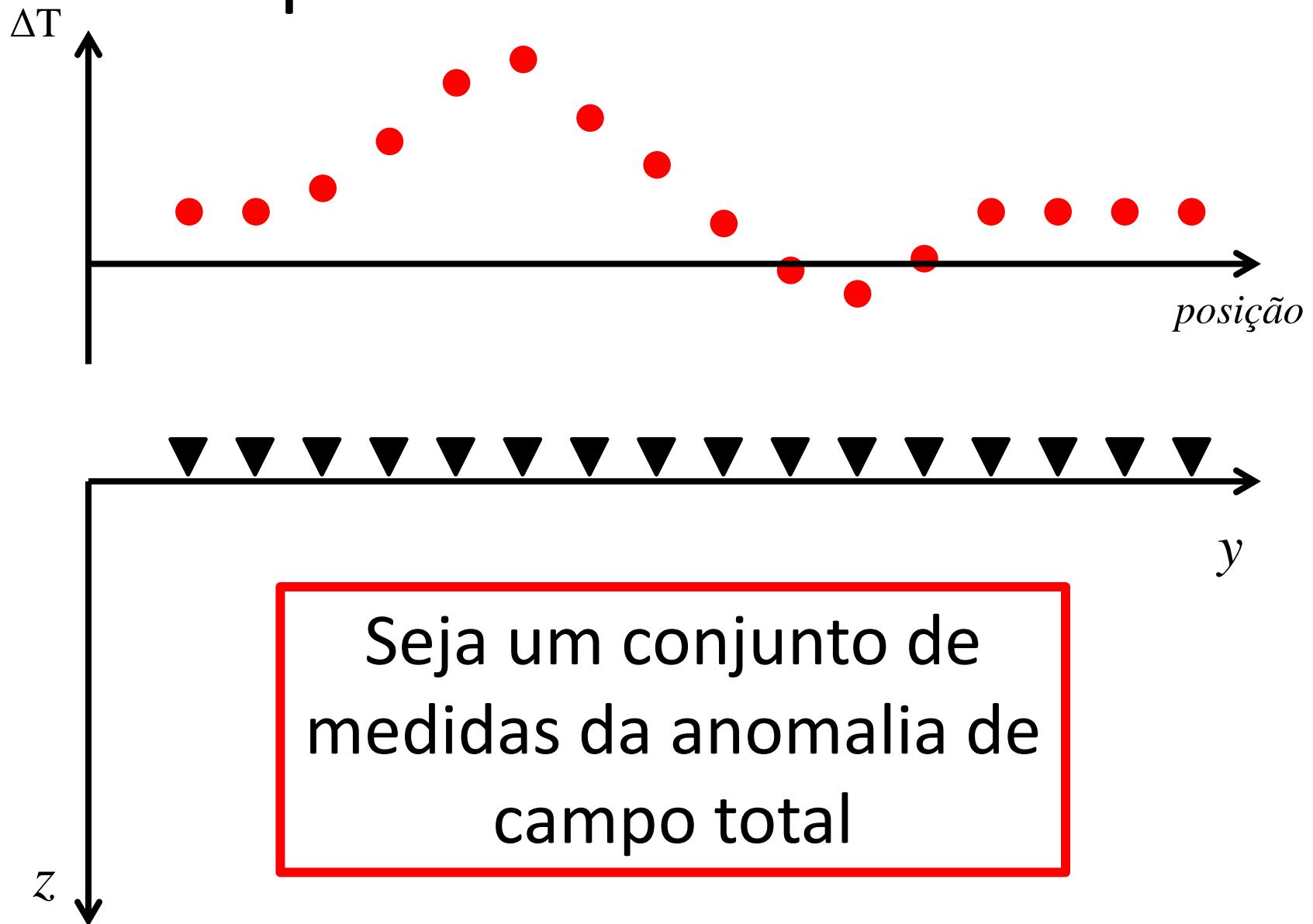
Amplitude do Sinal Analítico



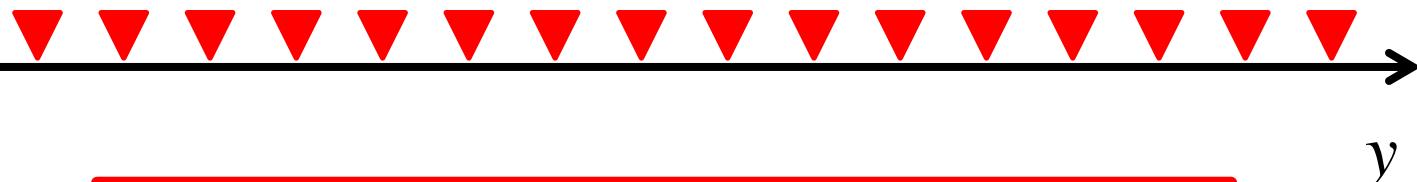
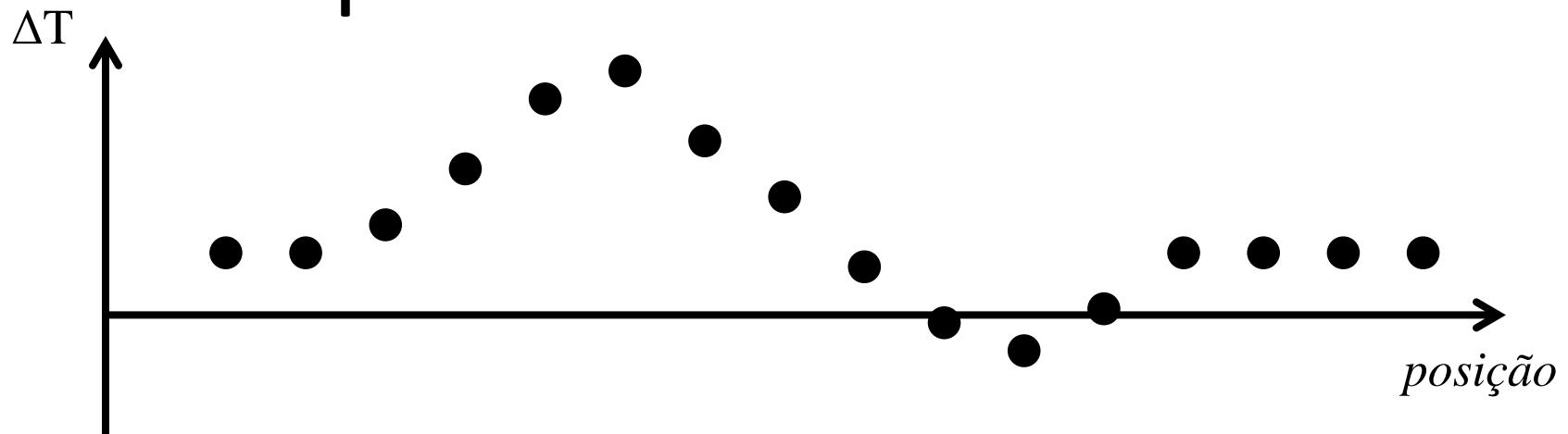
Um pouco de teoria...

z

Amplitude do Sinal Analítico

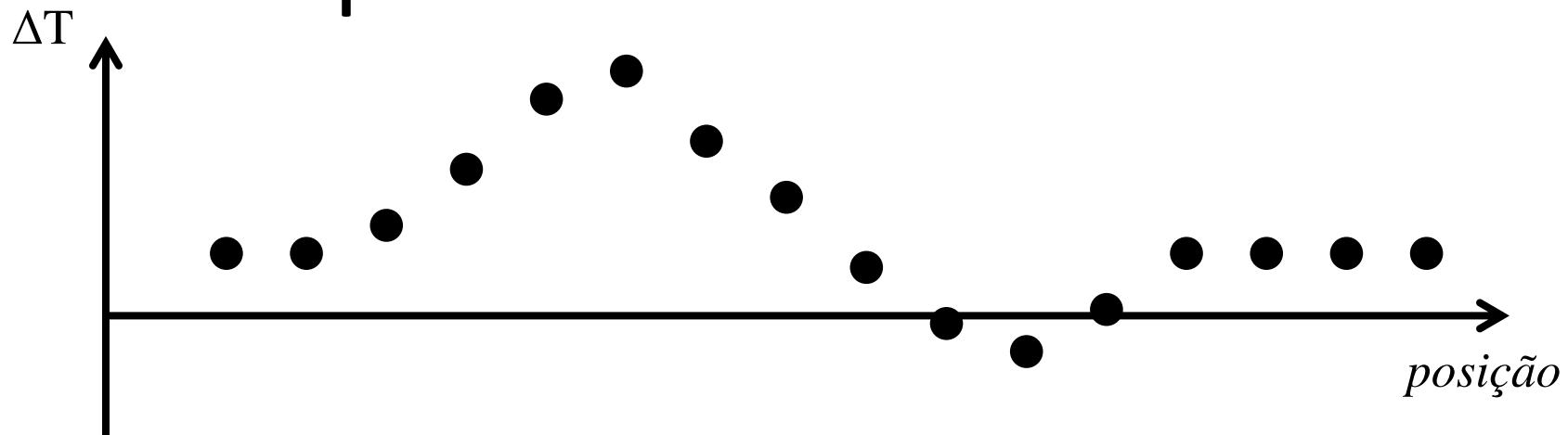


Amplitude do Sinal Analítico



Suponha que este conjunto
de medidas foi feito ao
longo de um perfil

Amplitude do Sinal Analítico

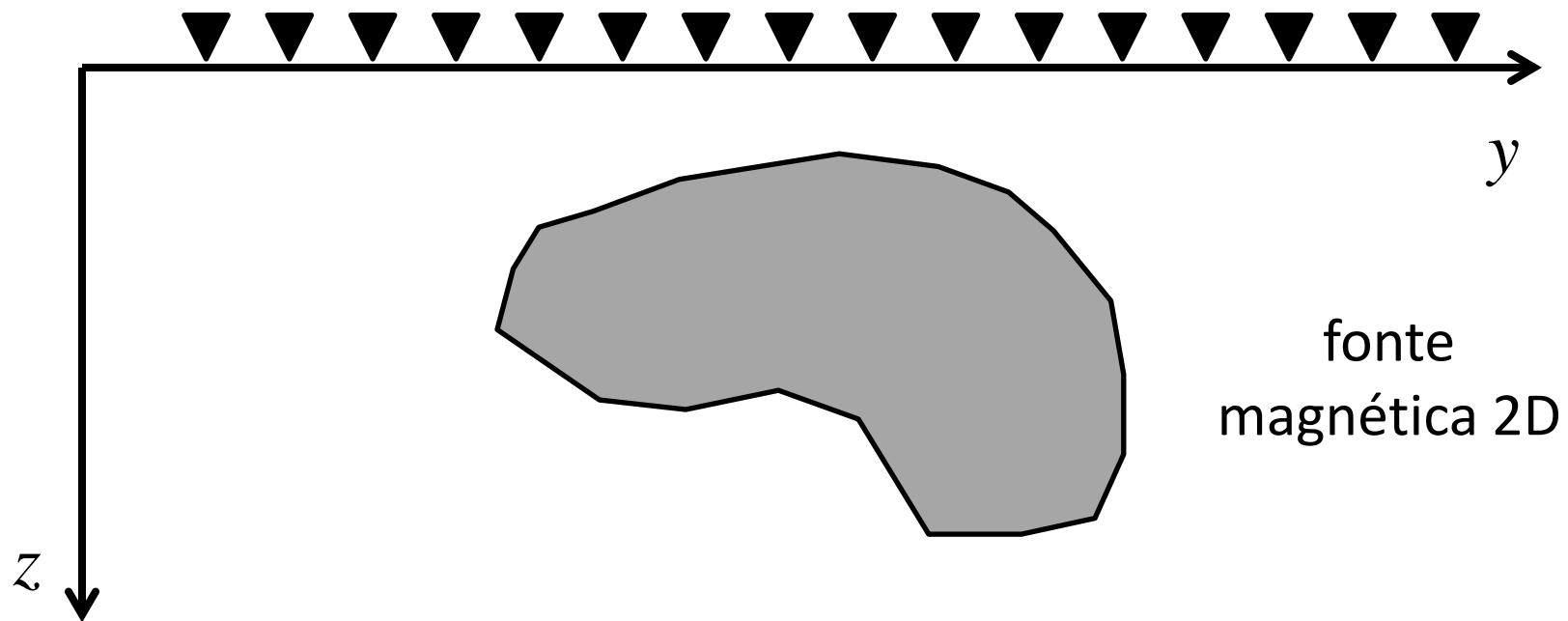
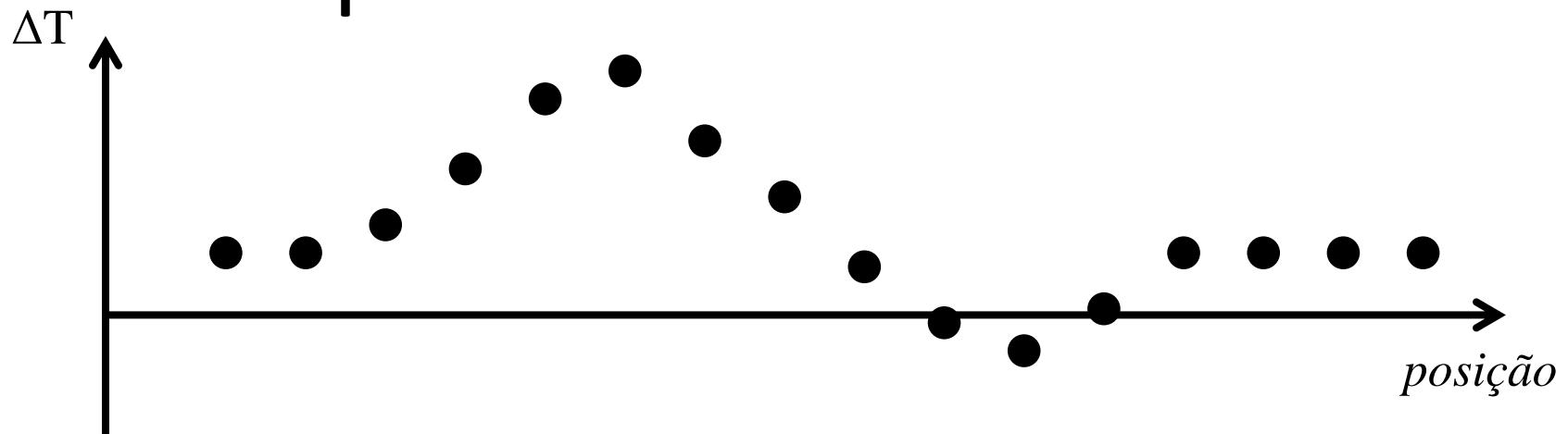


Considere que as fontes magnéticas são 2D e que o perfil é perpendicular ao strike das fontes

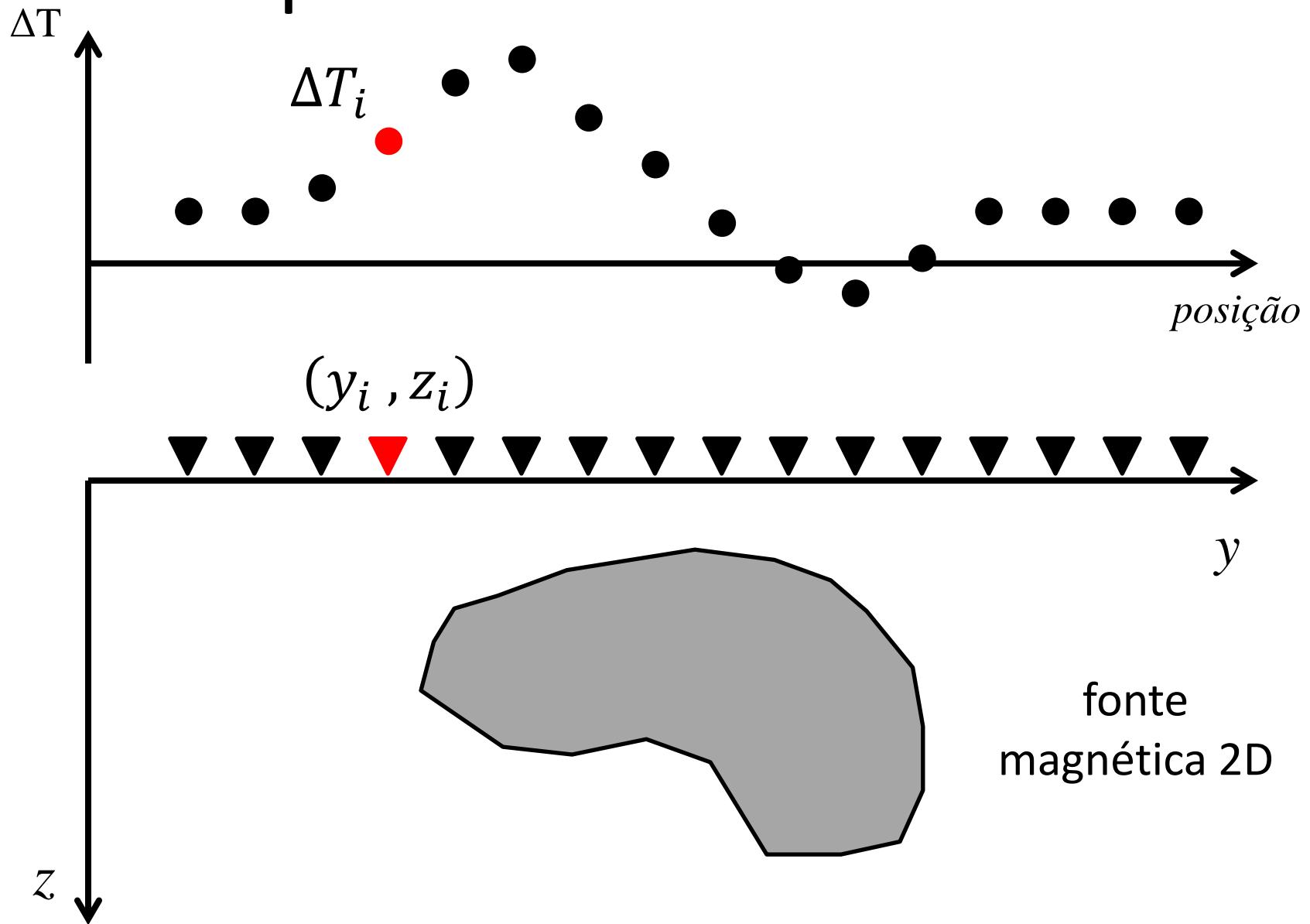
z

y

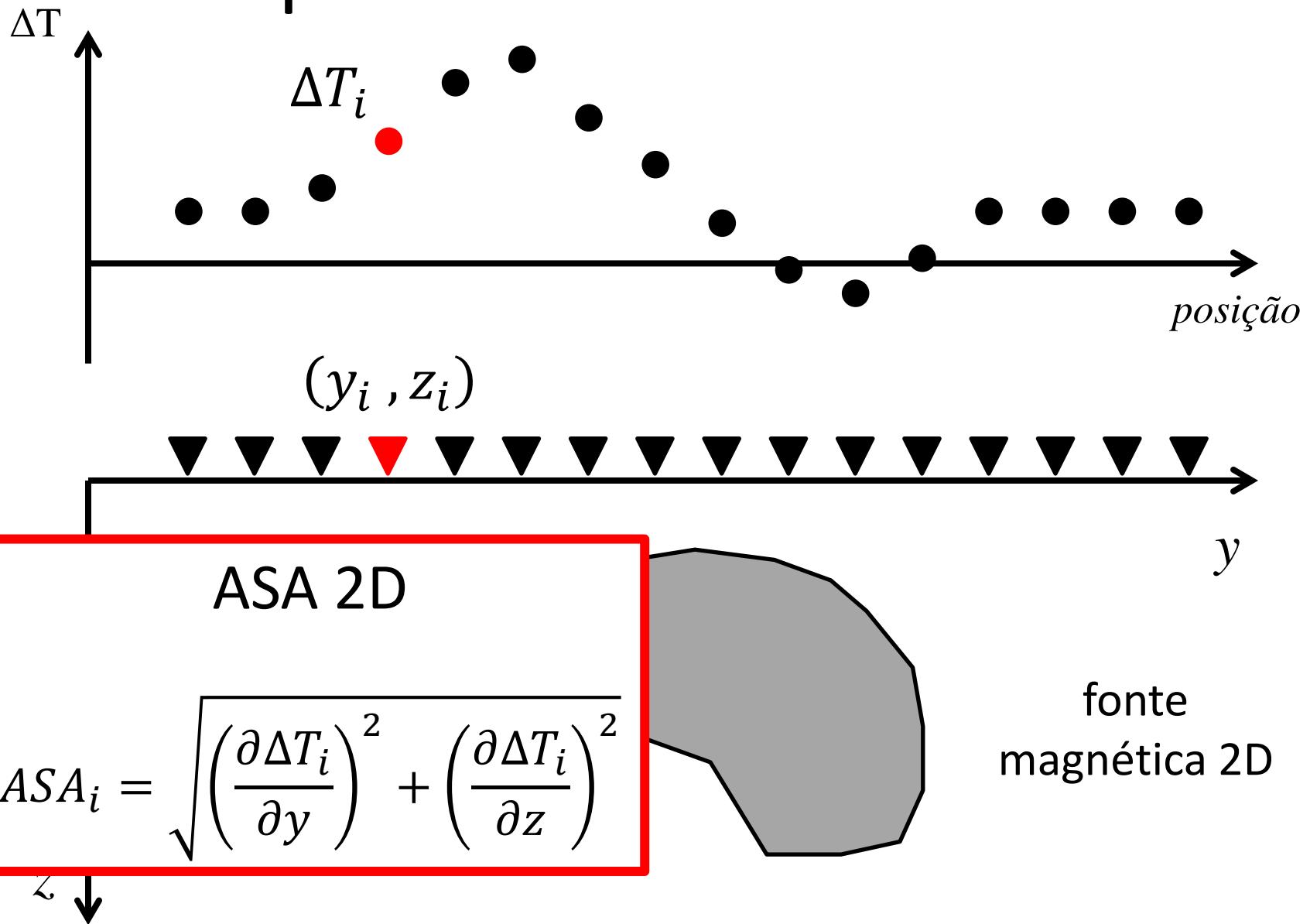
Amplitude do Sinal Analítico



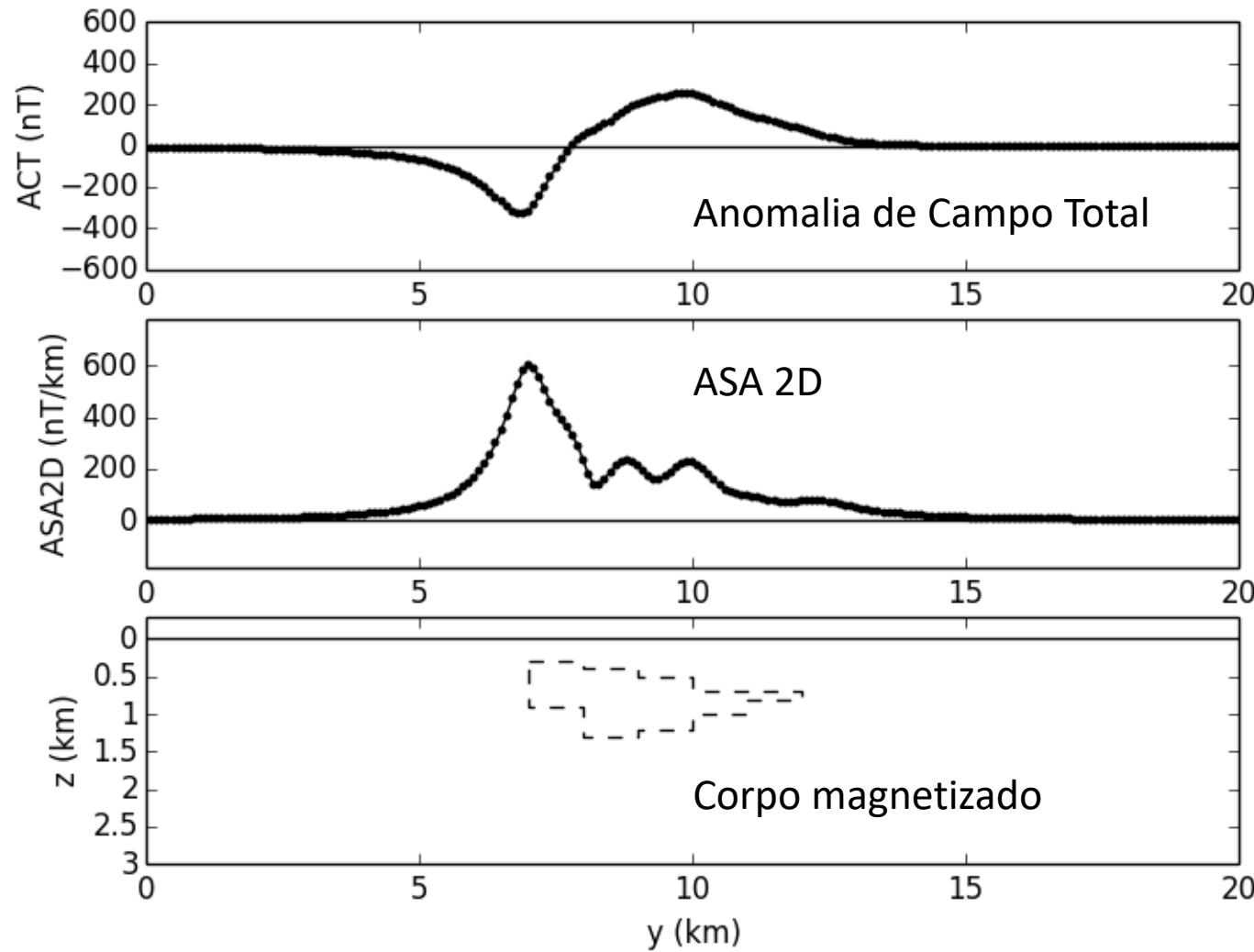
Amplitude do Sinal Analítico



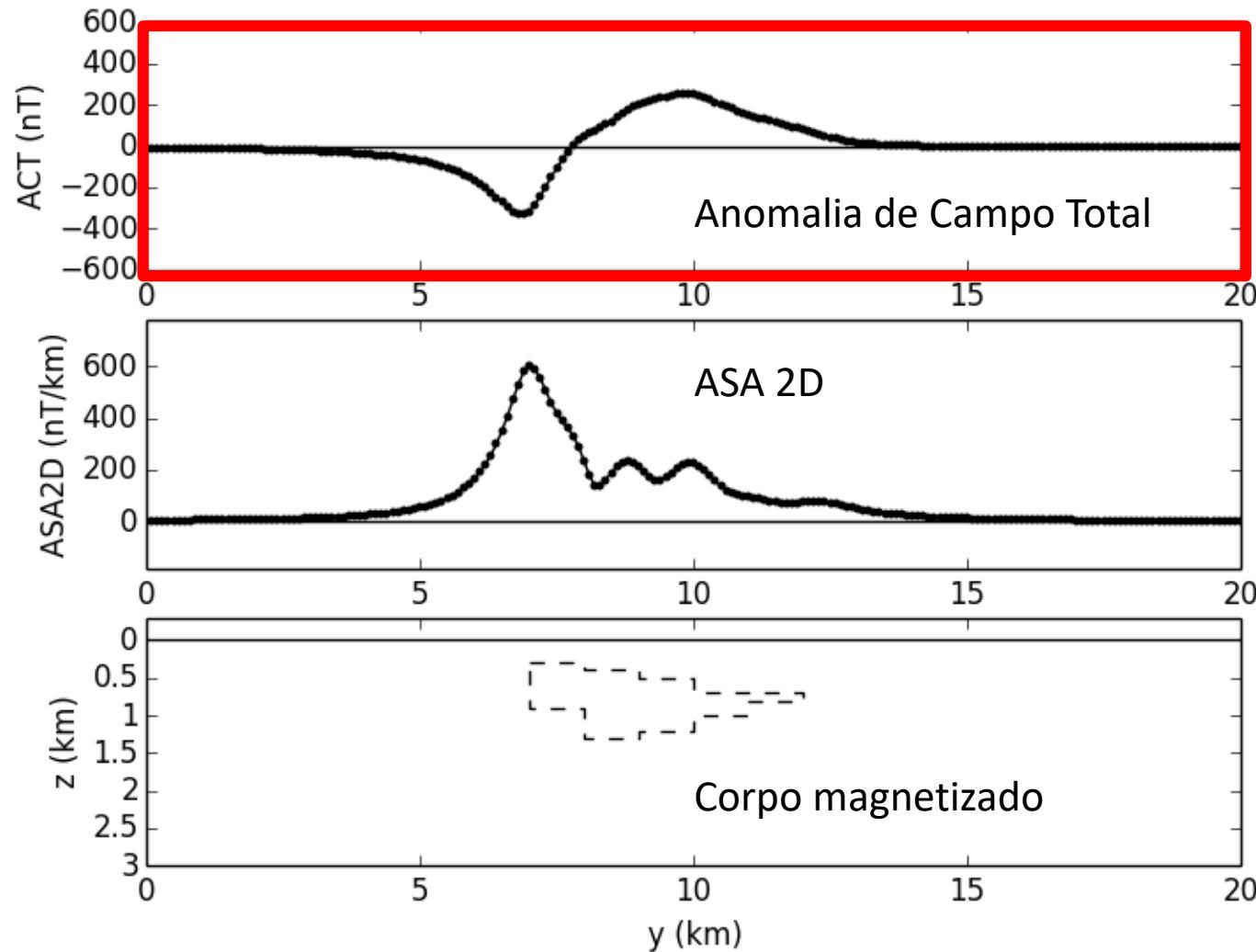
Amplitude do Sinal Analítico



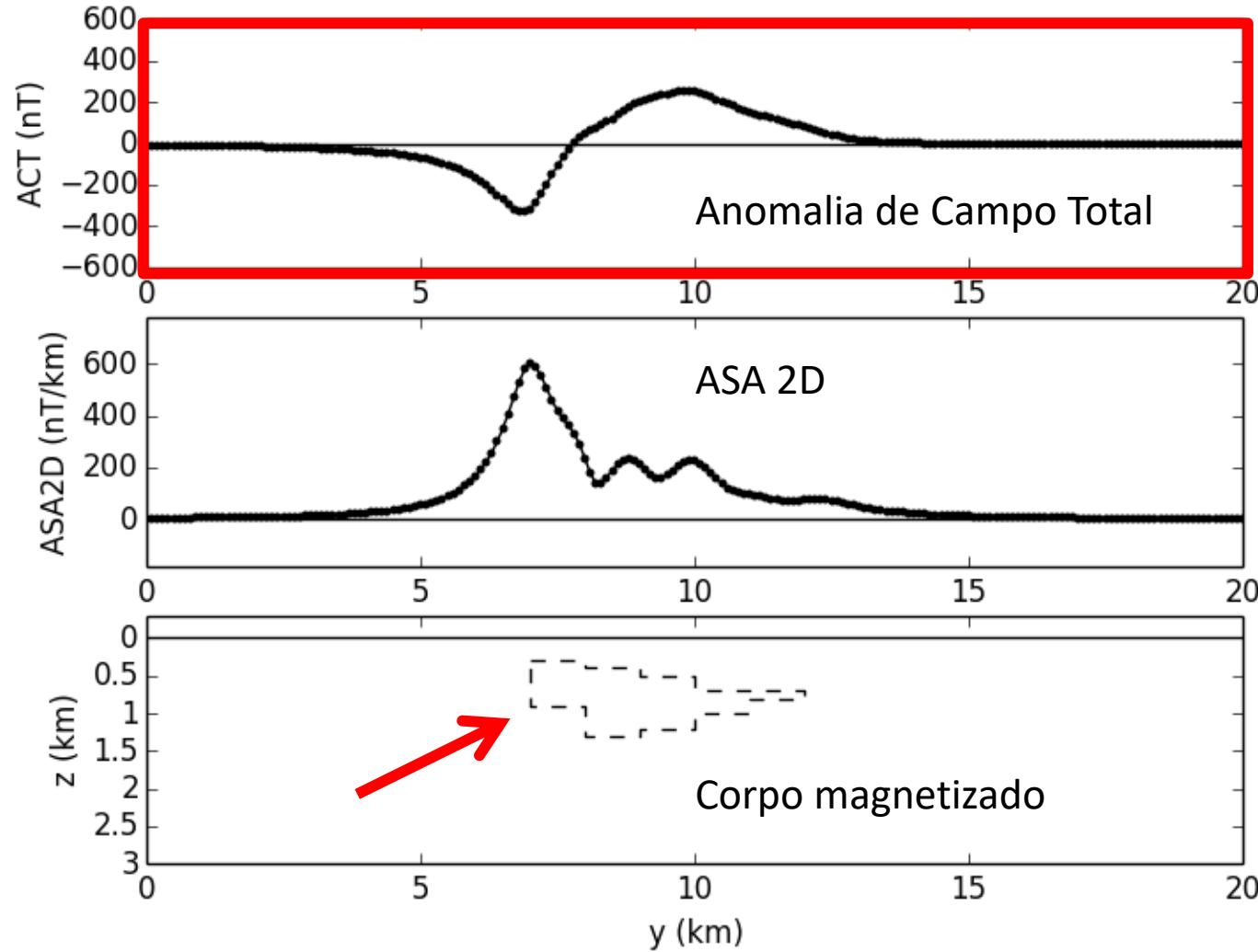
Amplitude do Sinal Analítico



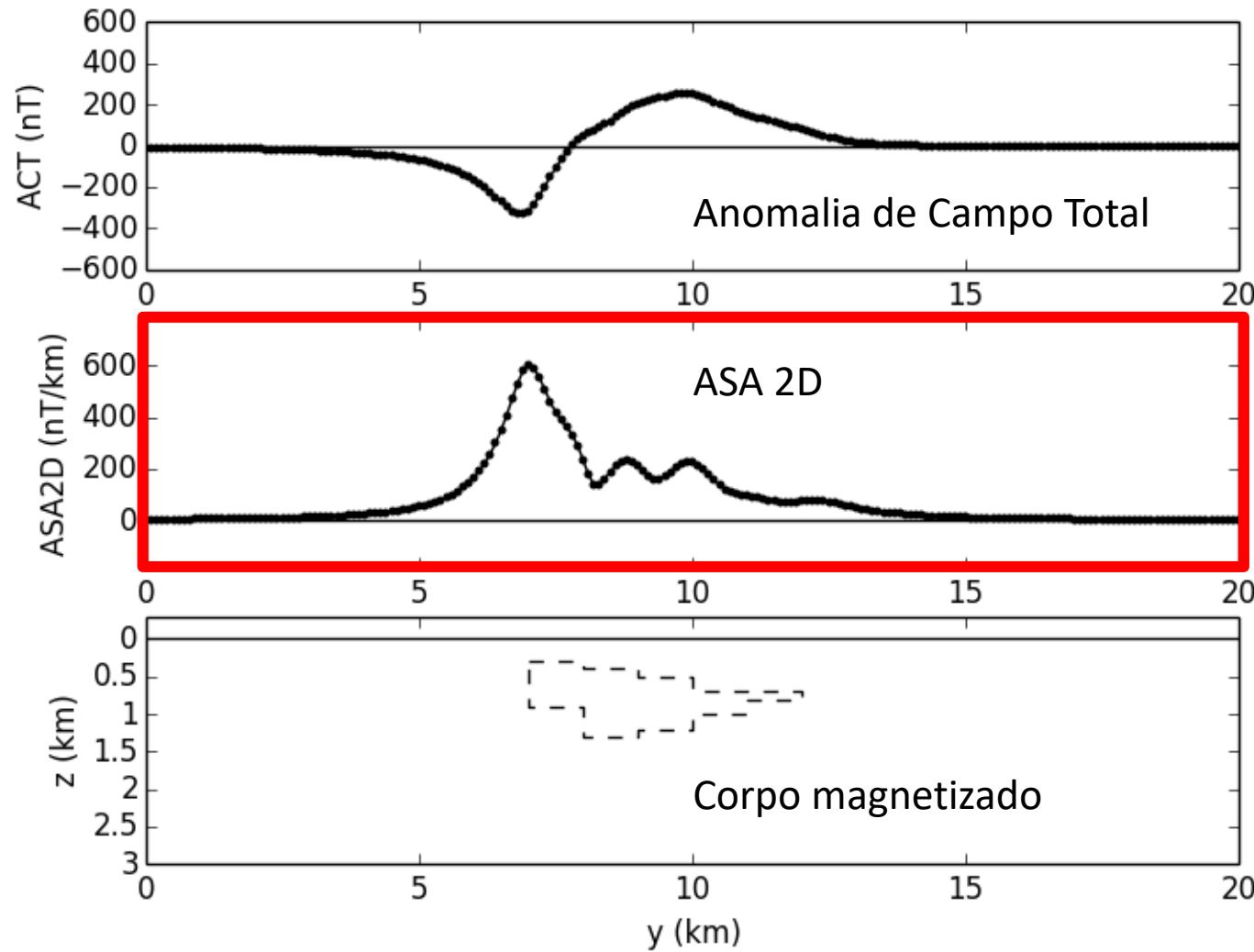
Amplitude do Sinal Analítico



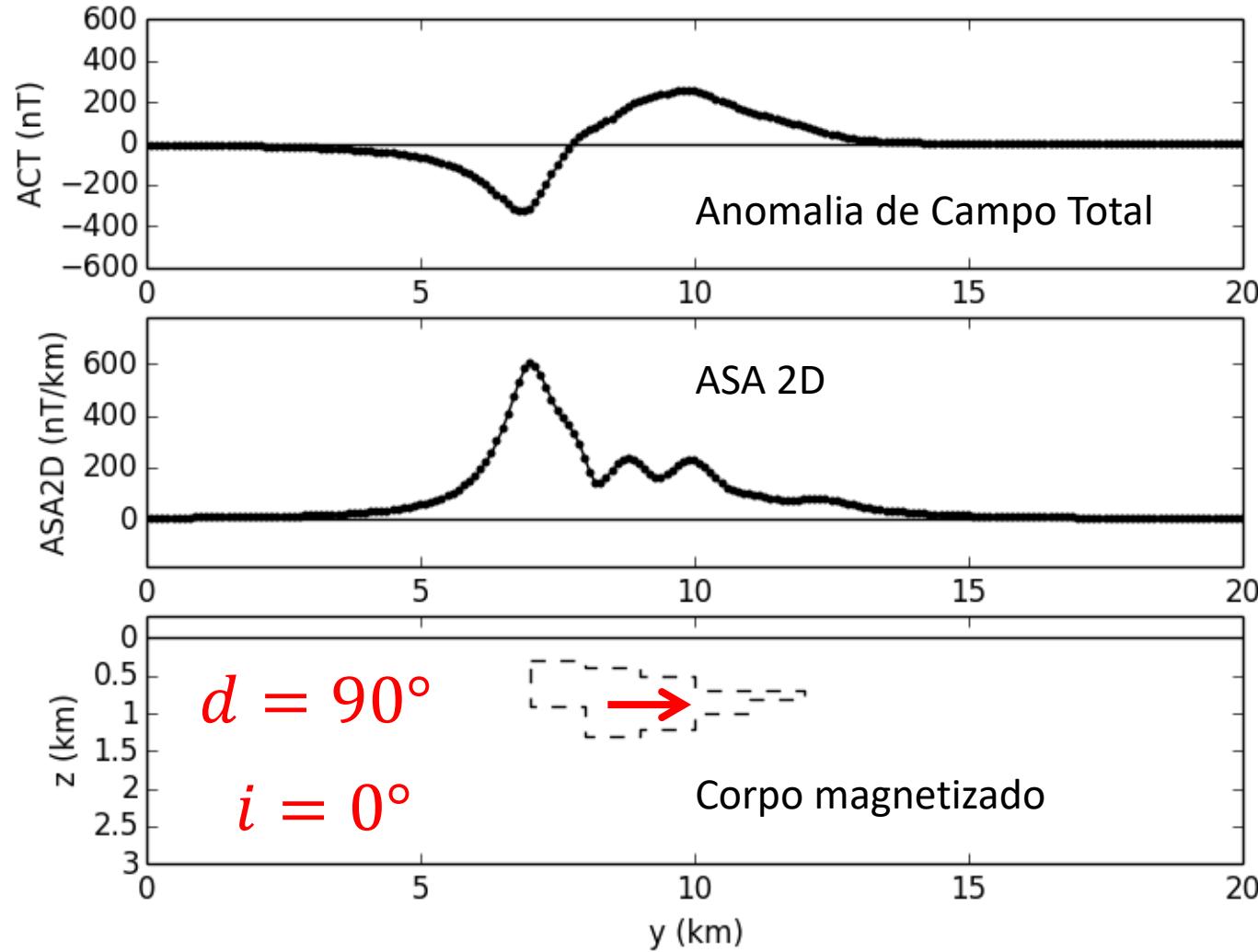
Amplitude do Sinal Analítico



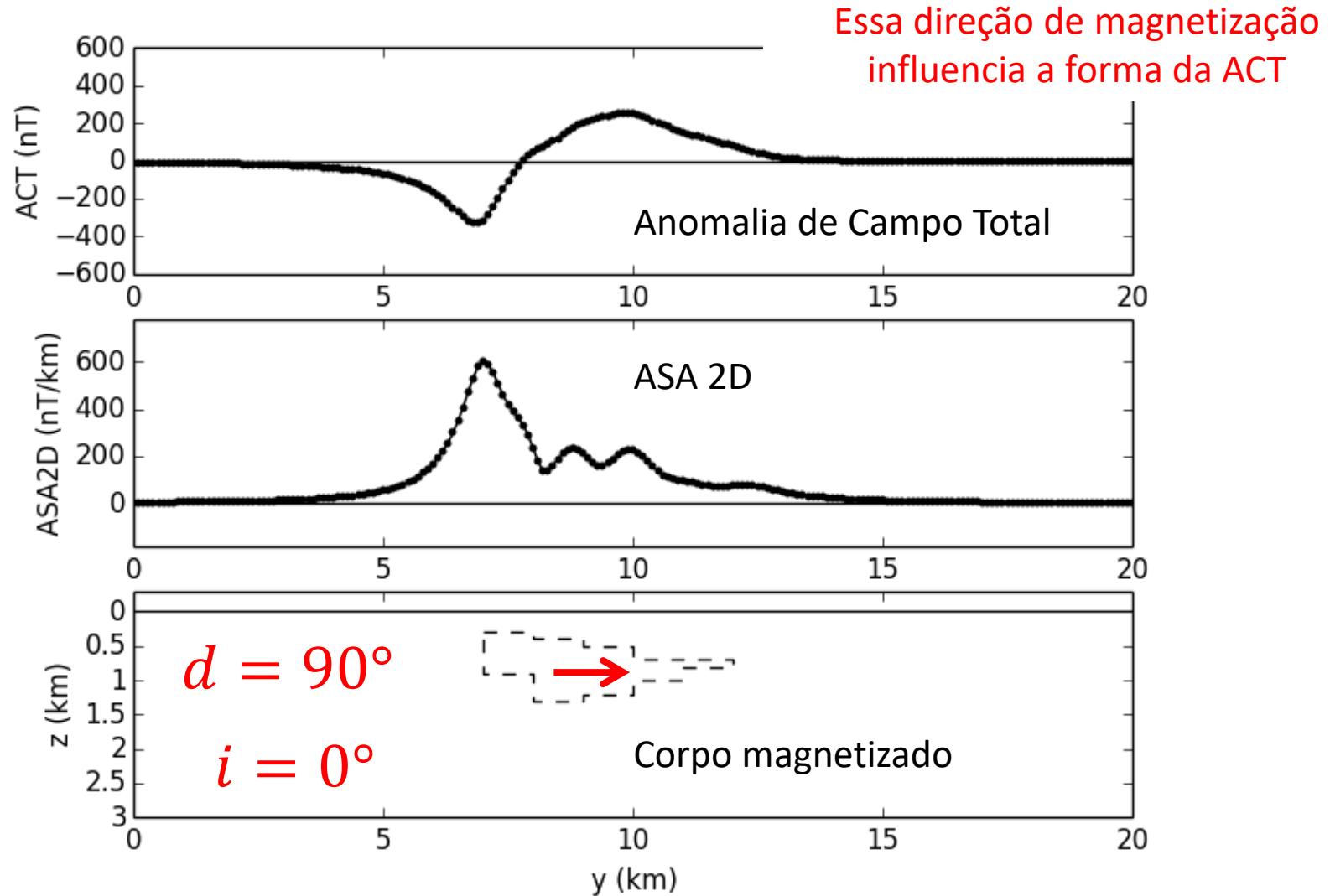
Amplitude do Sinal Analítico



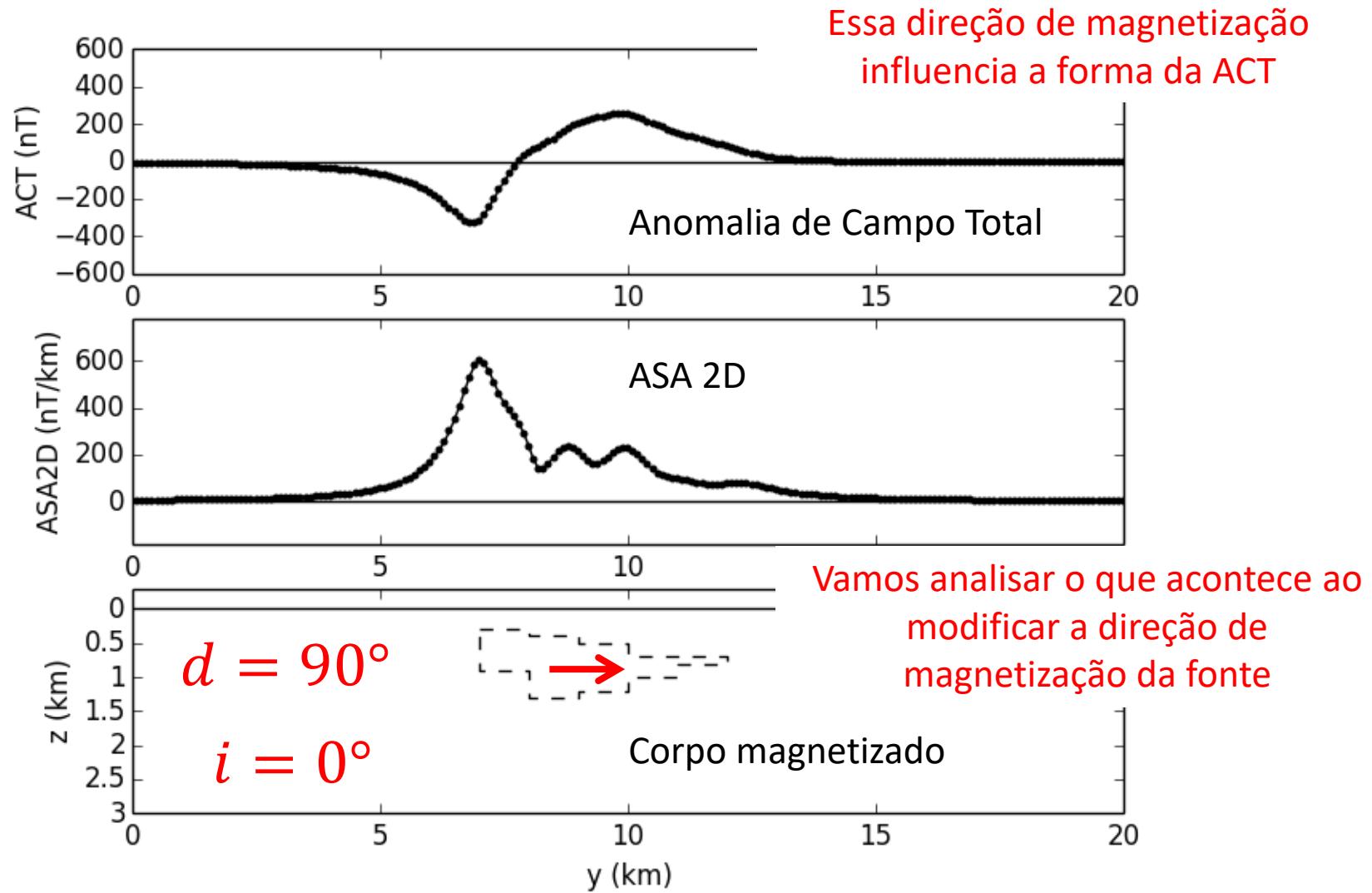
Amplitude do Sinal Analítico



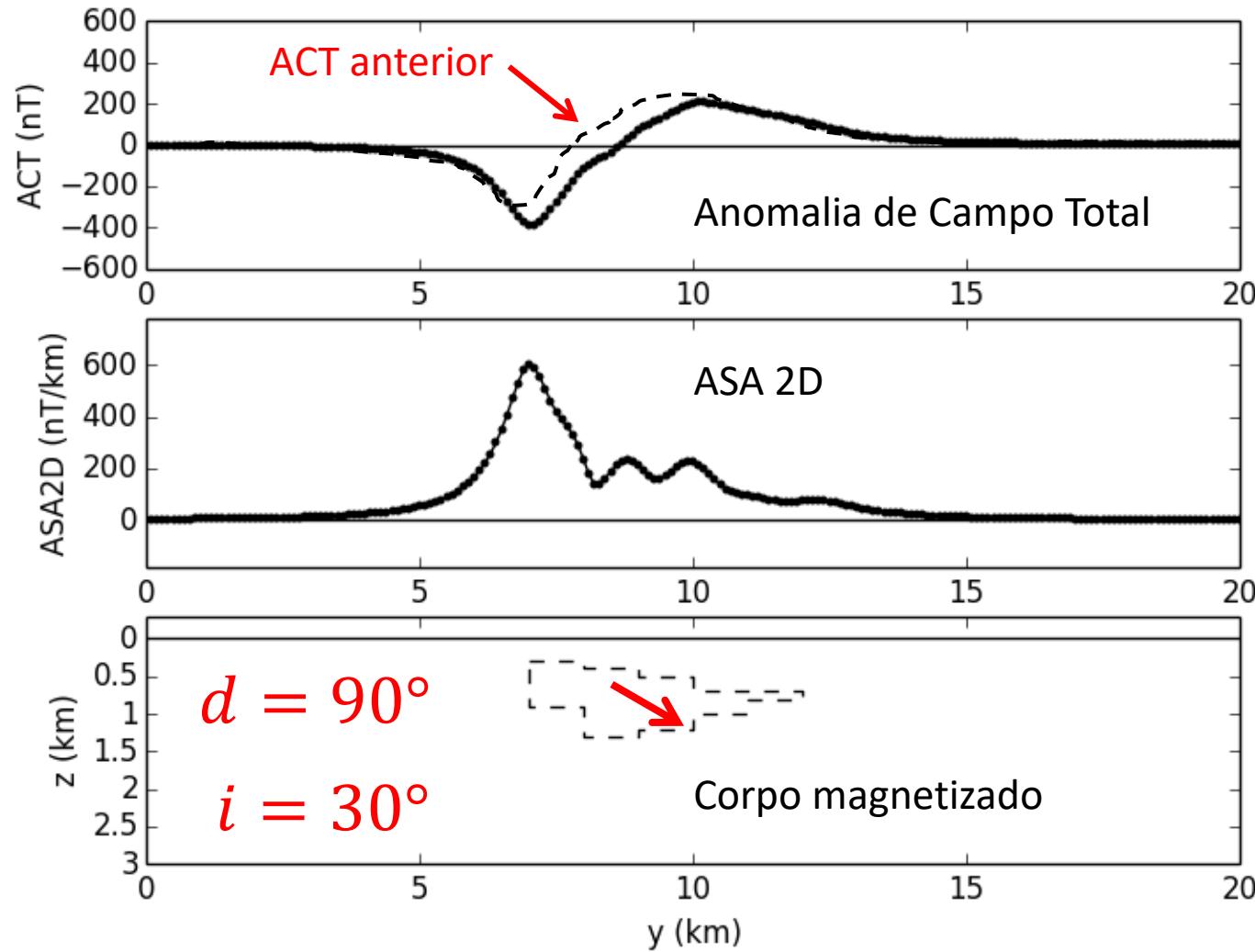
Amplitude do Sinal Analítico



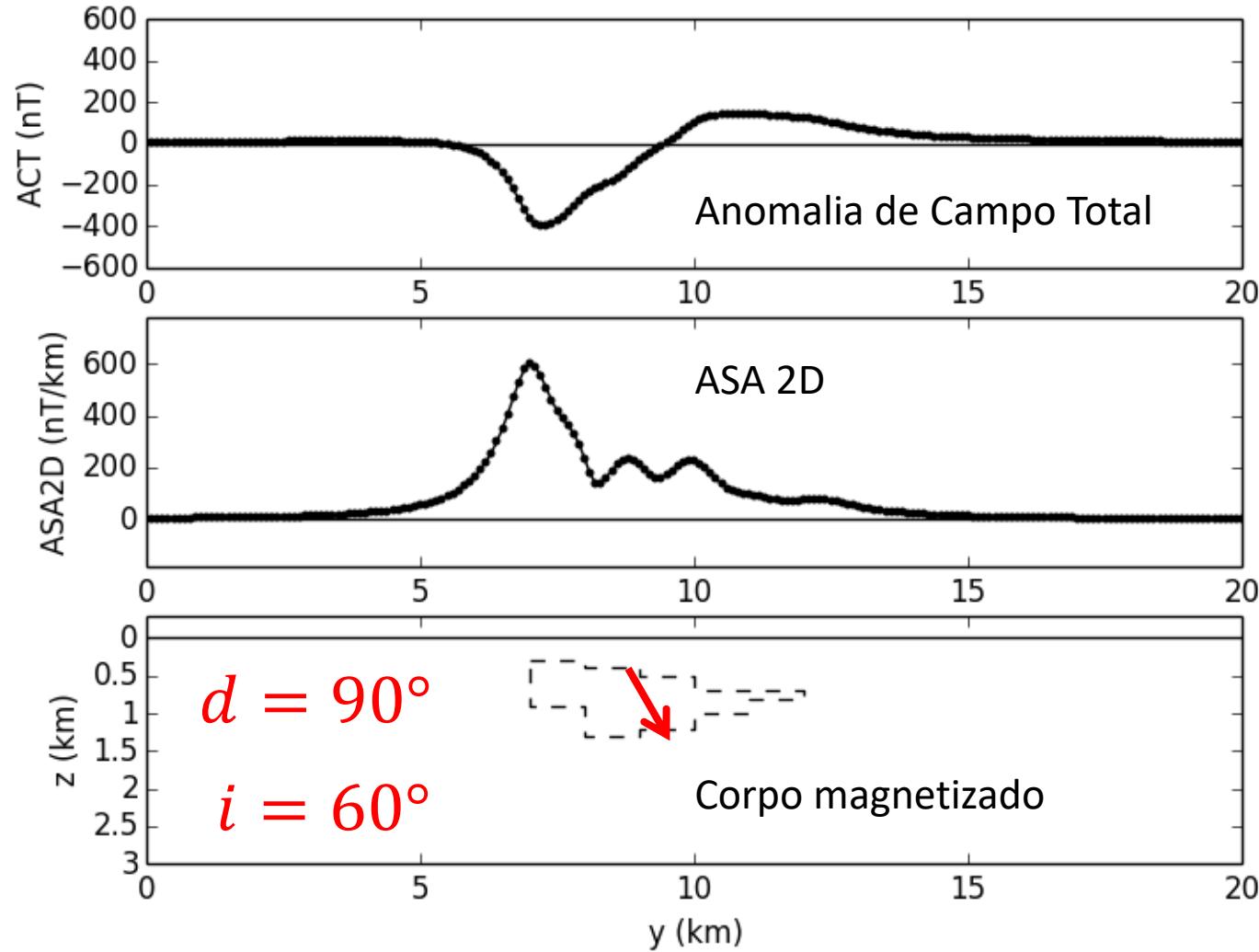
Amplitude do Sinal Analítico



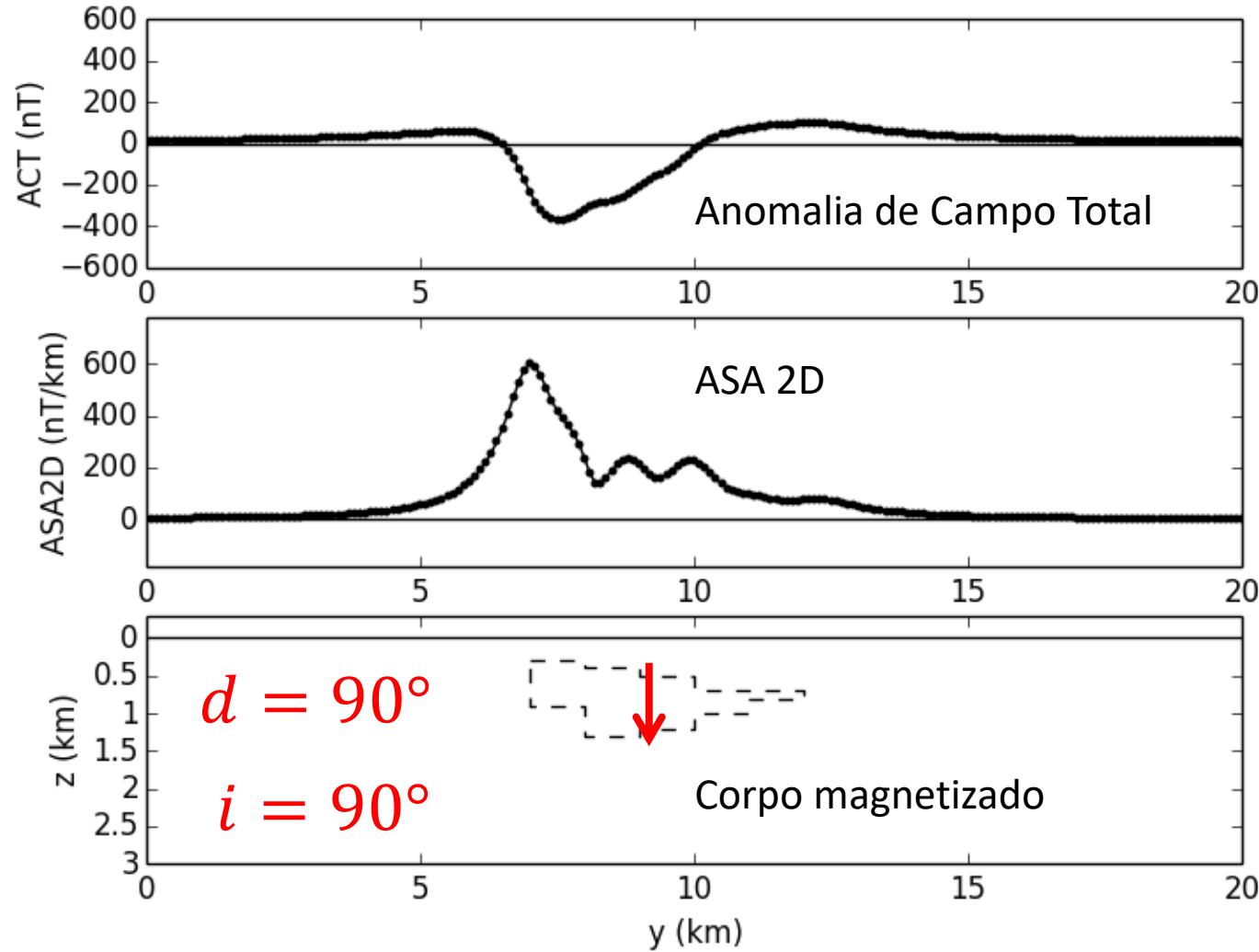
Amplitude do Sinal Analítico



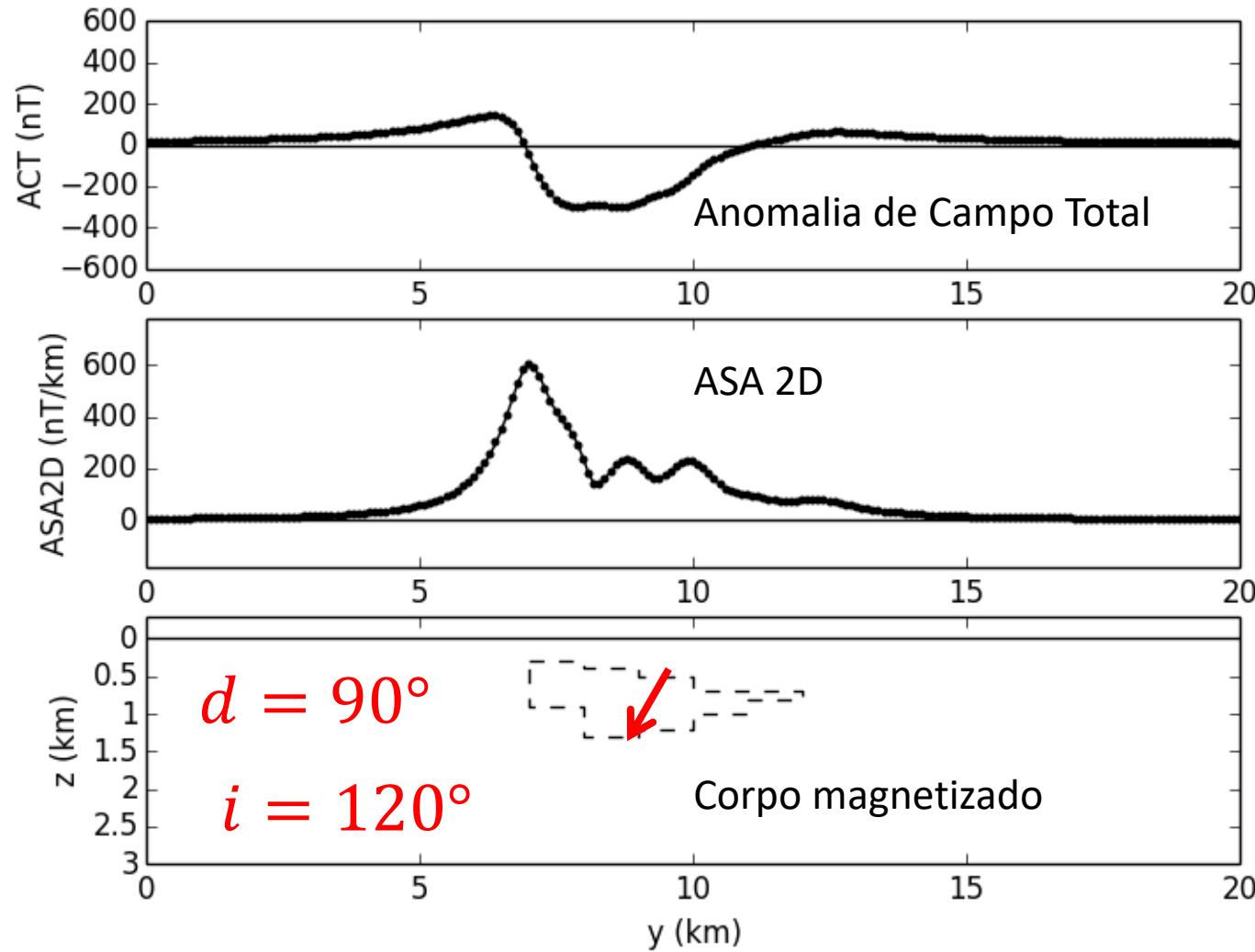
Amplitude do Sinal Analítico



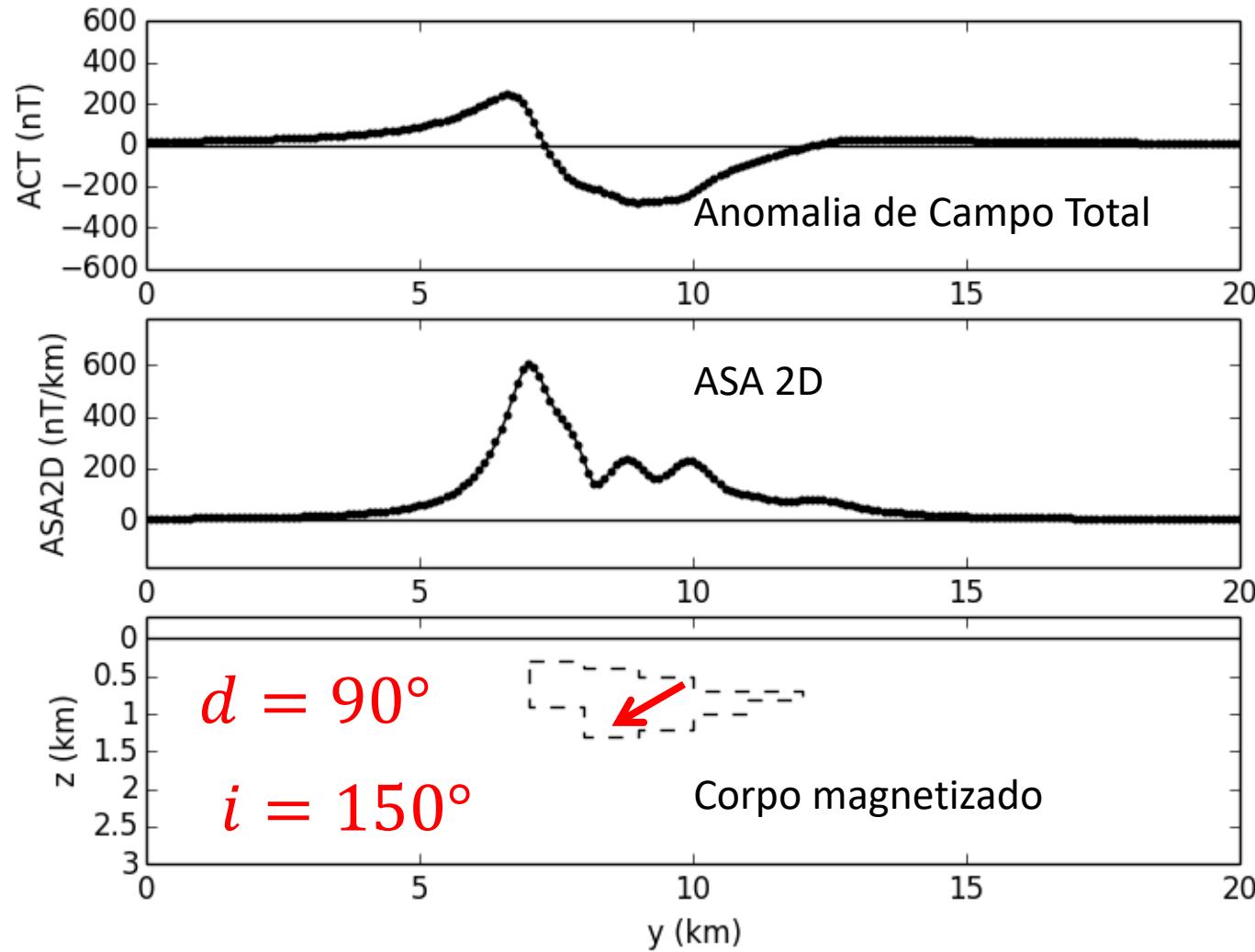
Amplitude do Sinal Analítico



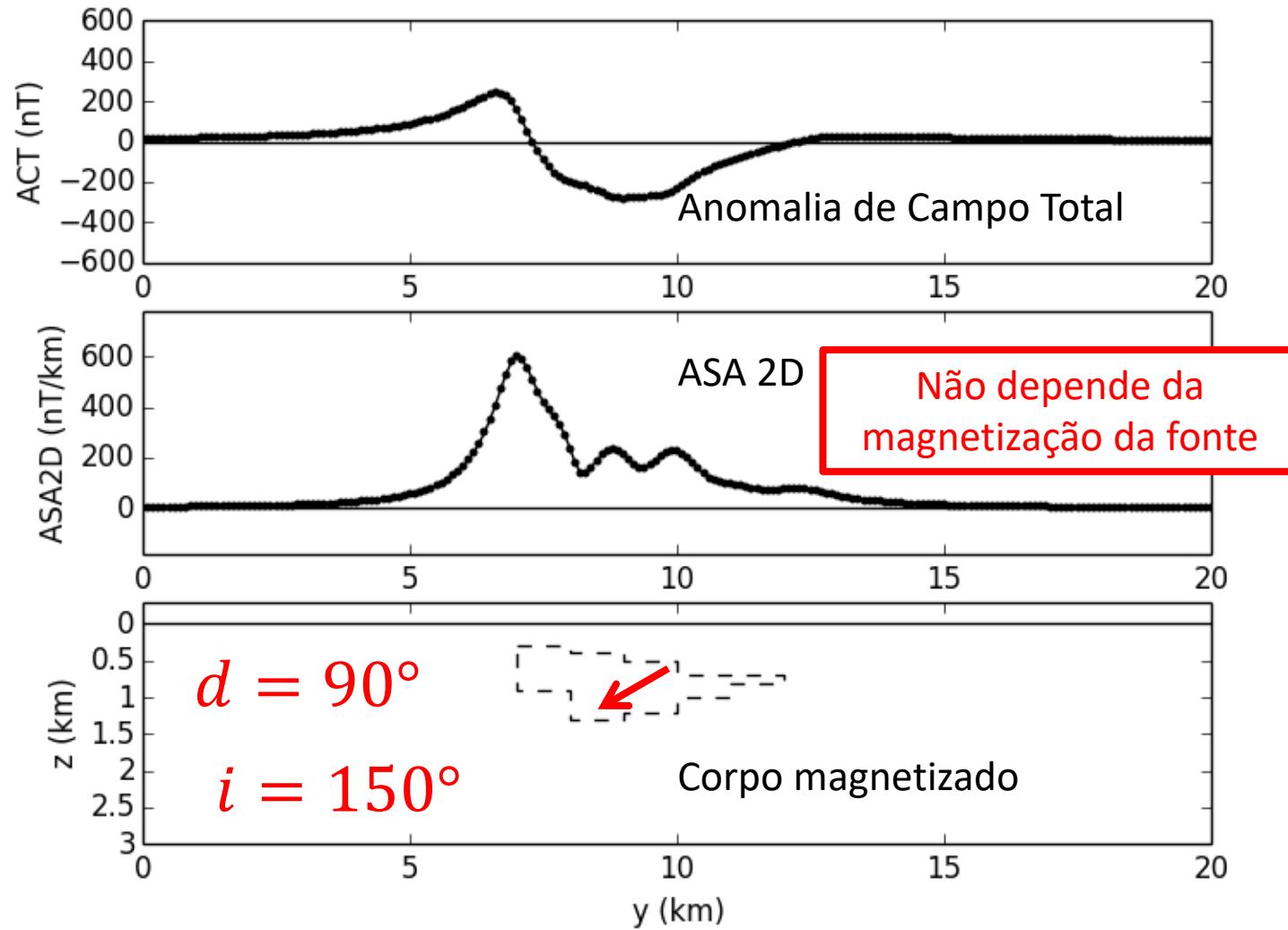
Amplitude do Sinal Analítico



Amplitude do Sinal Analítico



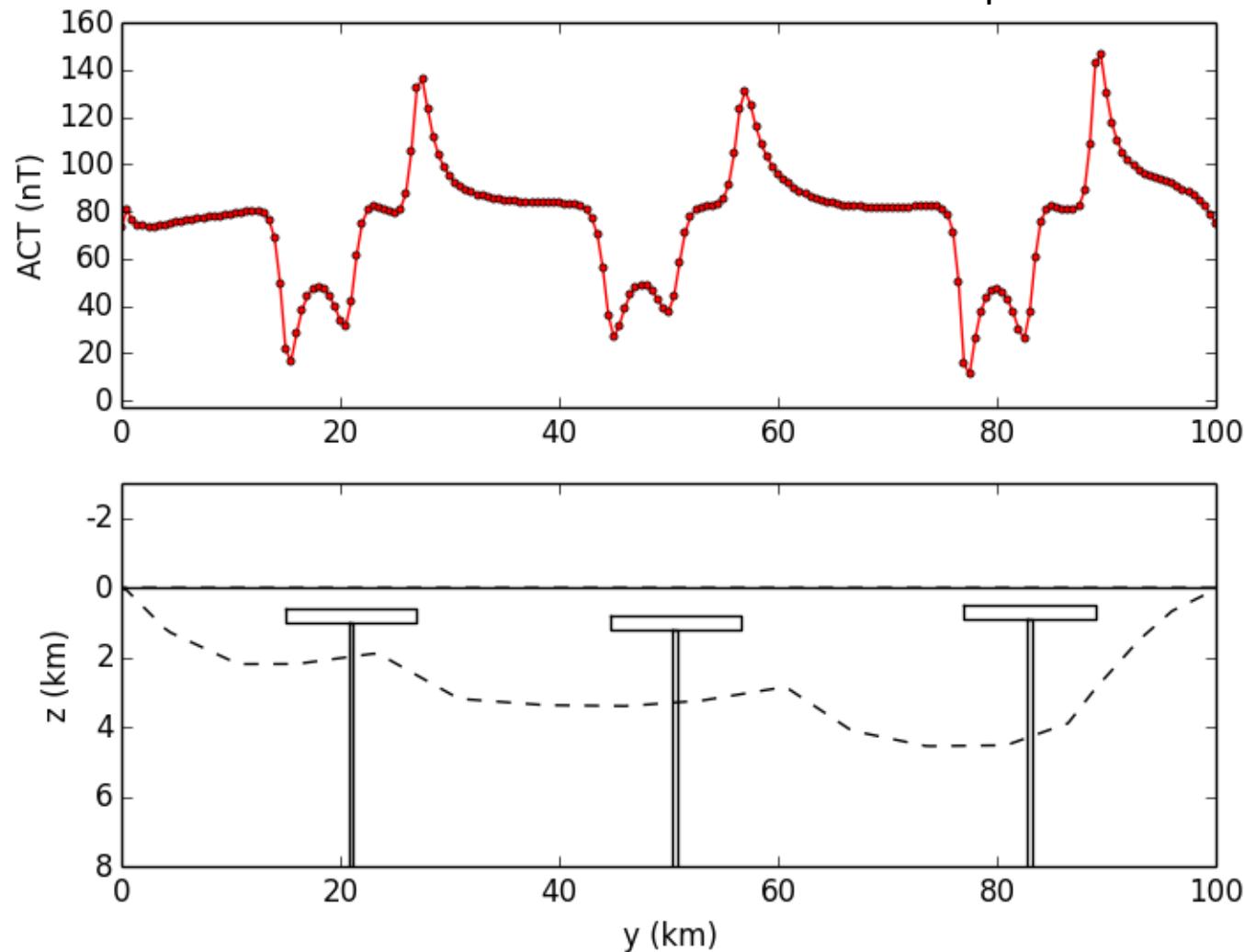
Amplitude do Sinal Analítico



Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa

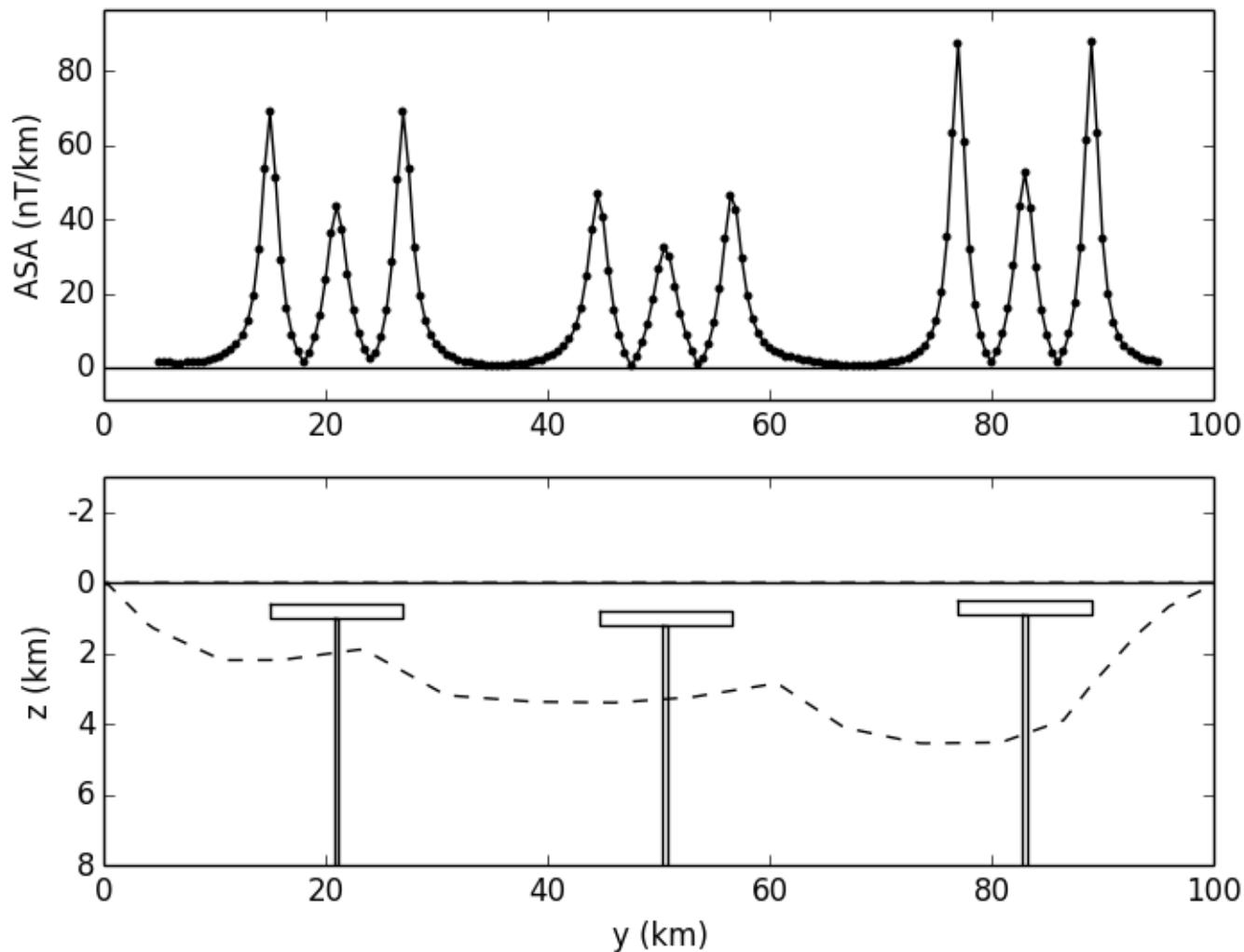
Anomalia de Campo Total



Amplitude do Sinal Analítico

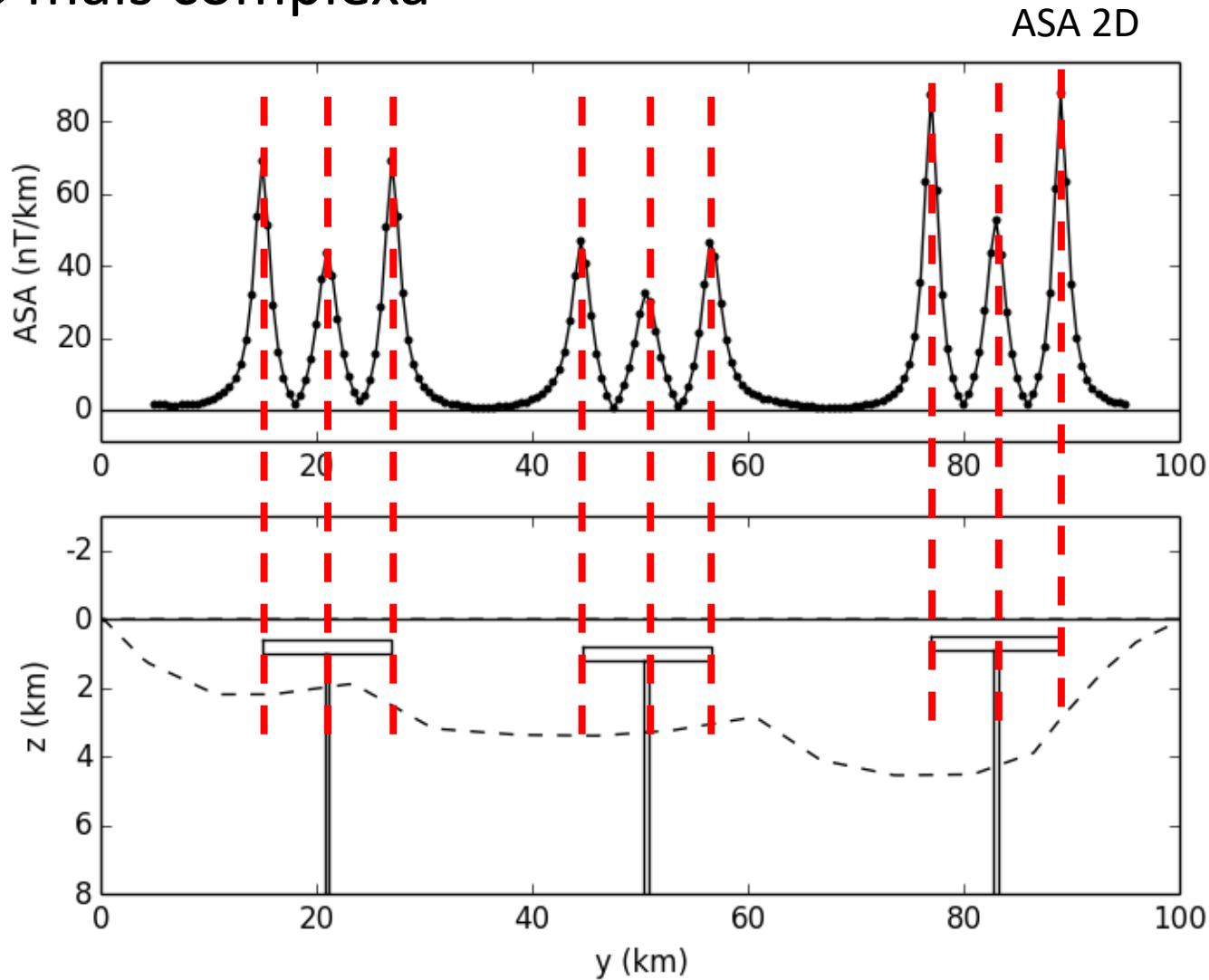
Situação mais complexa

ASA 2D



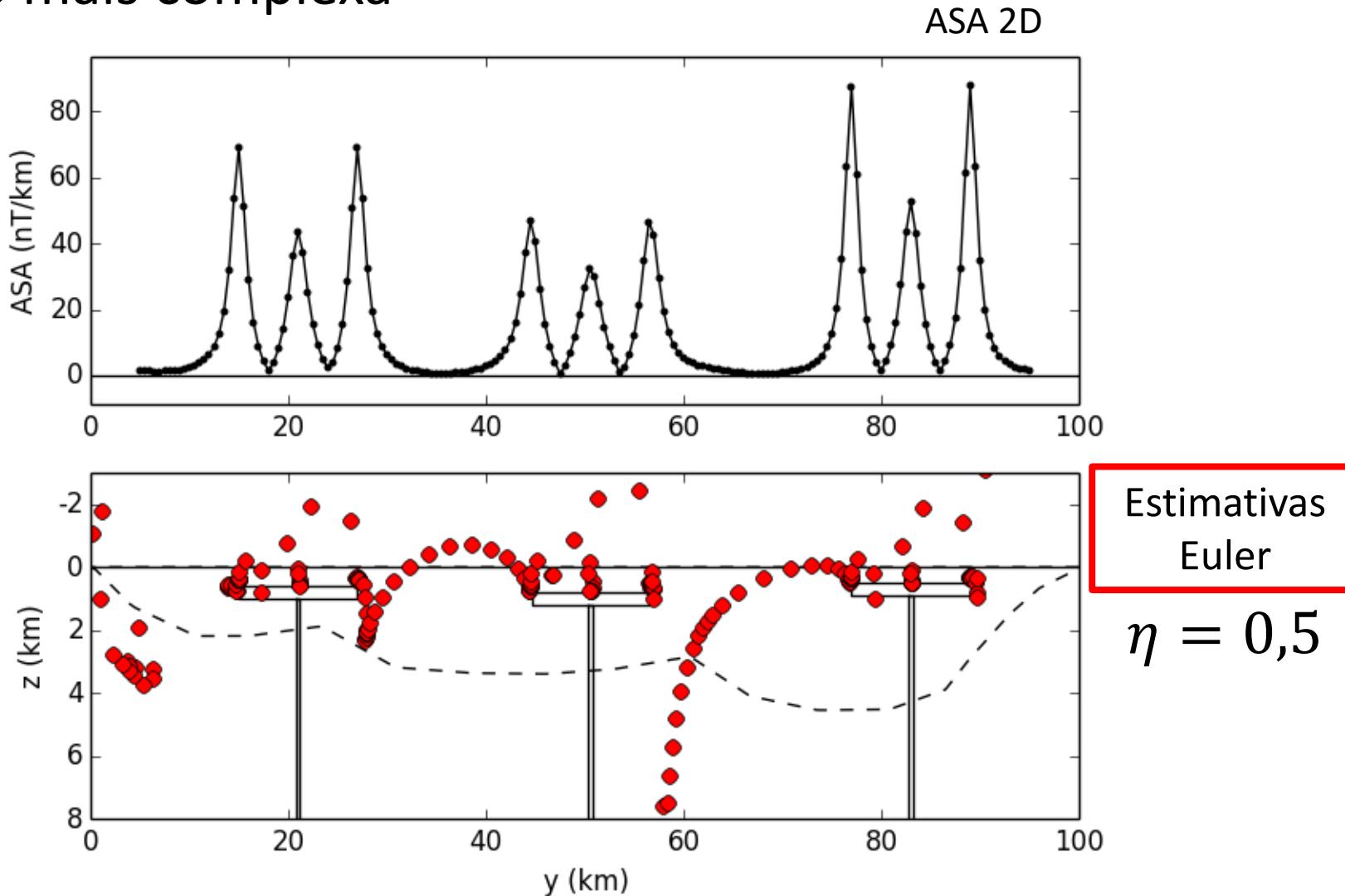
Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



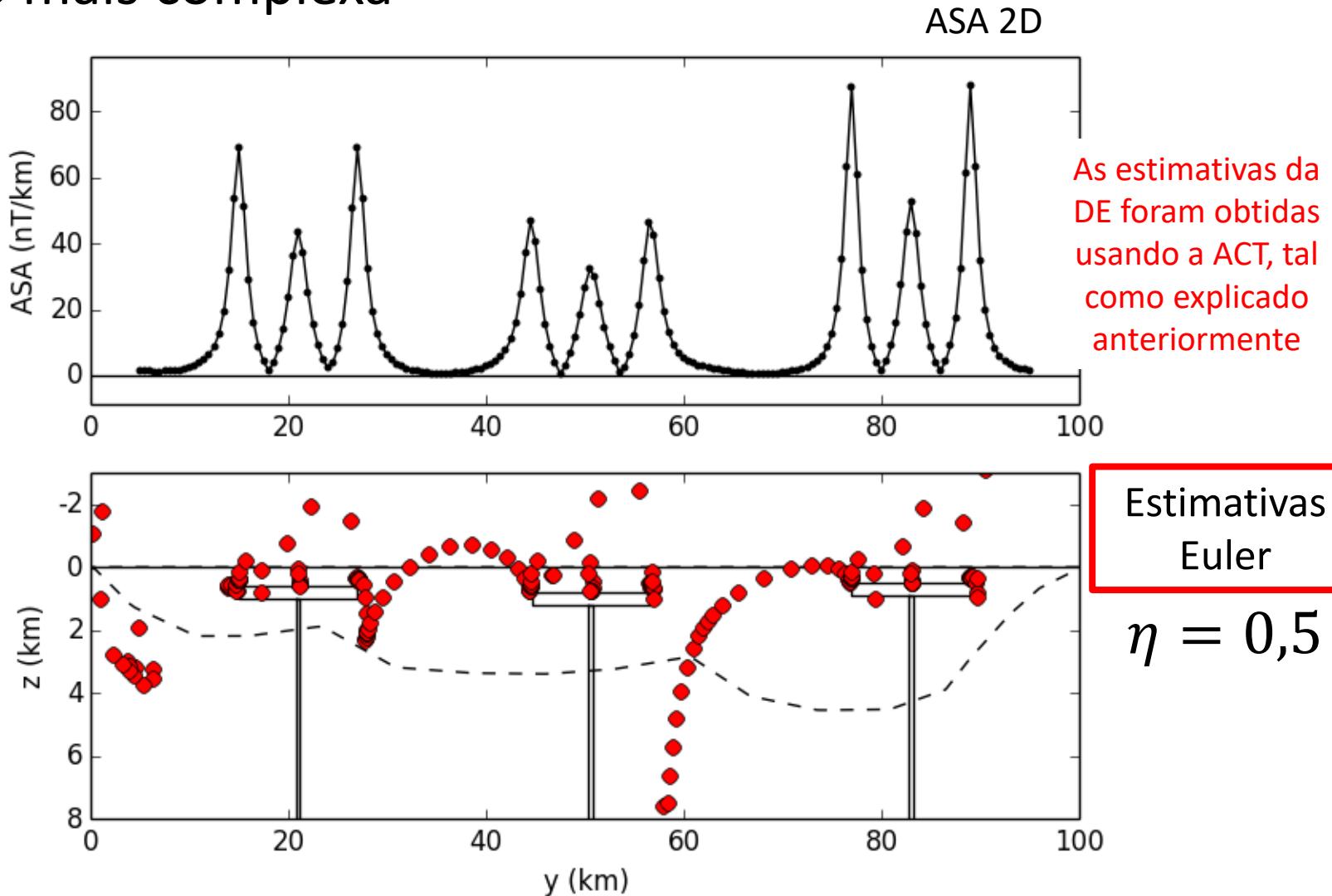
Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



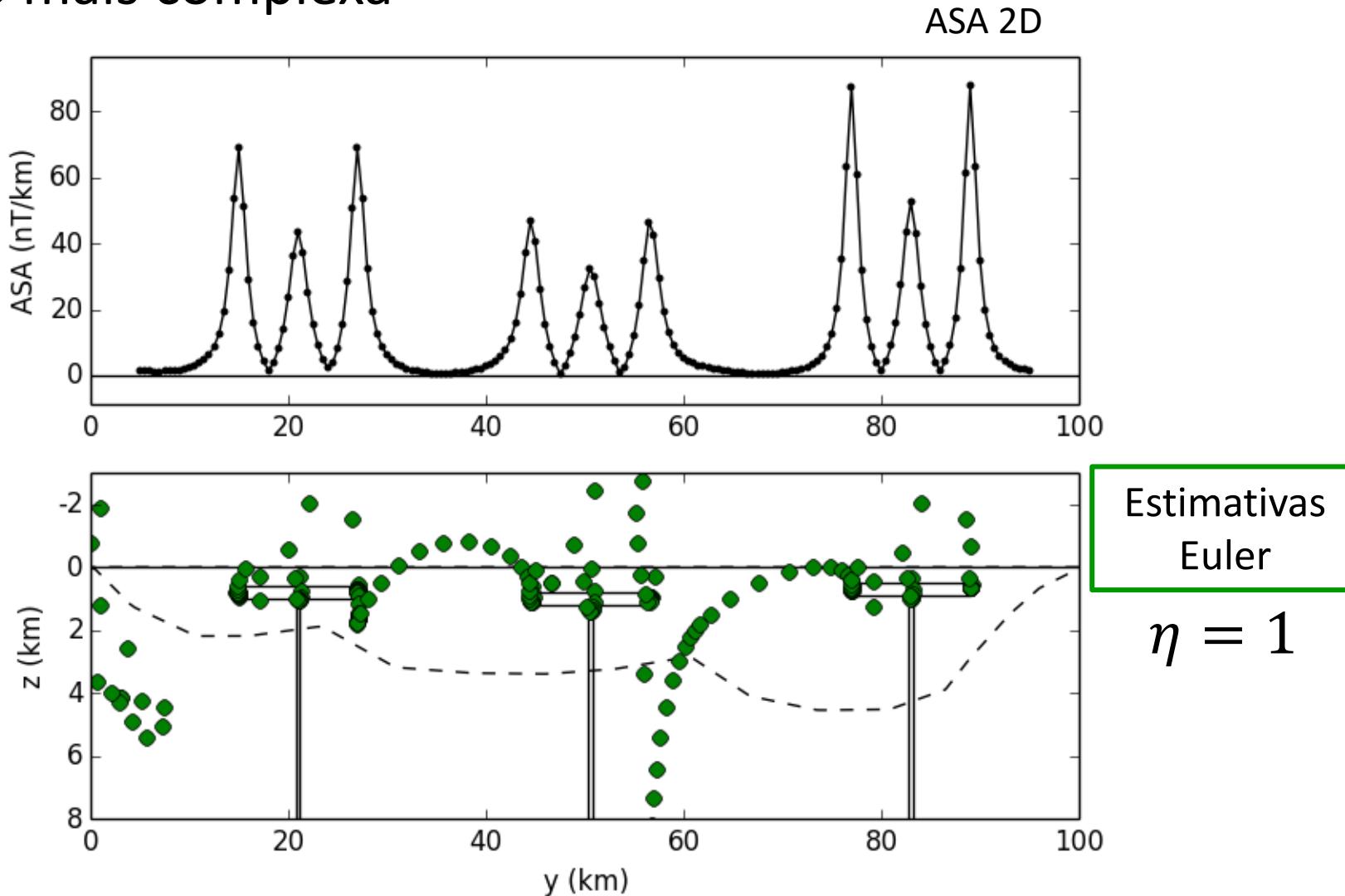
Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



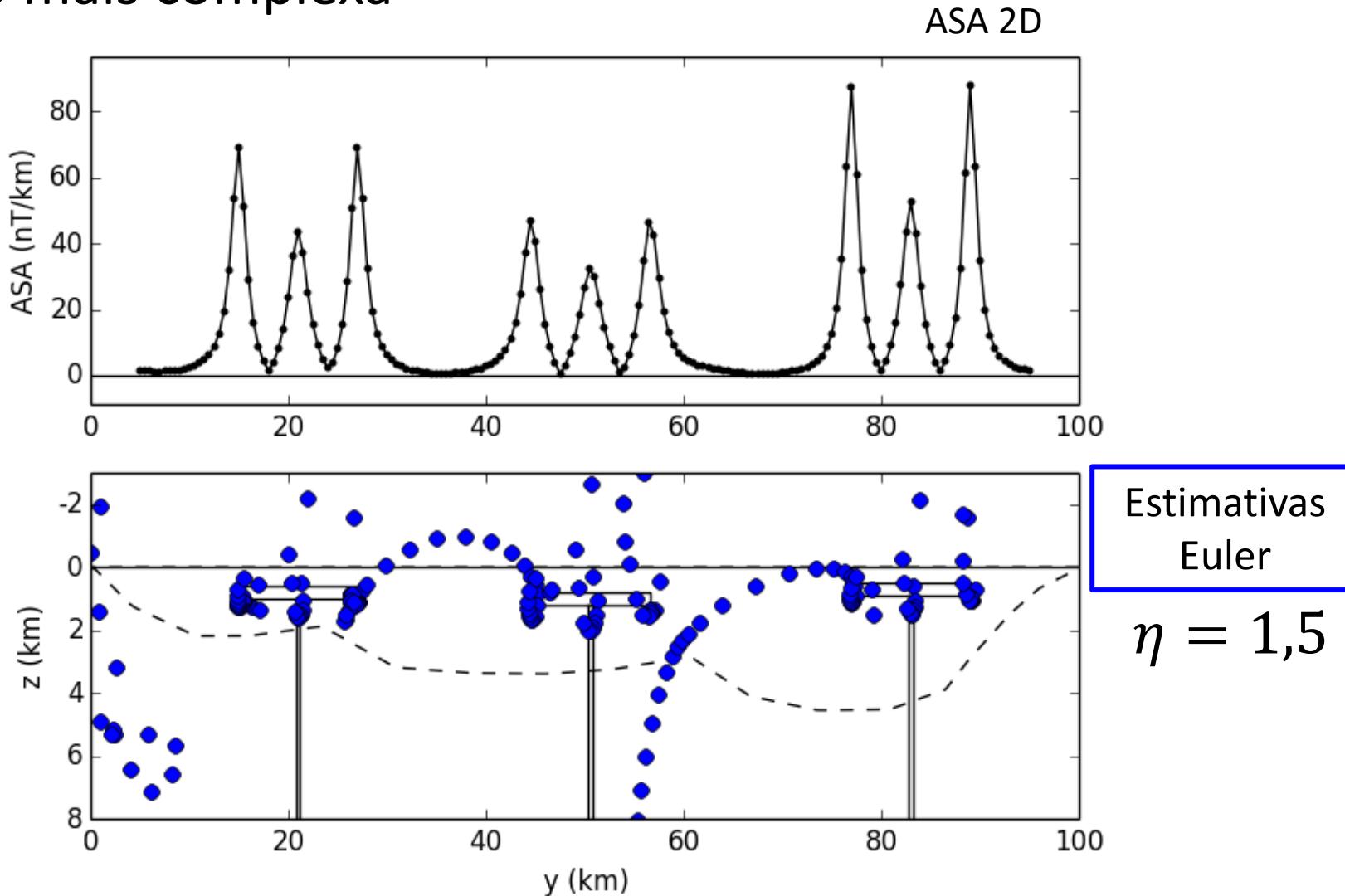
Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



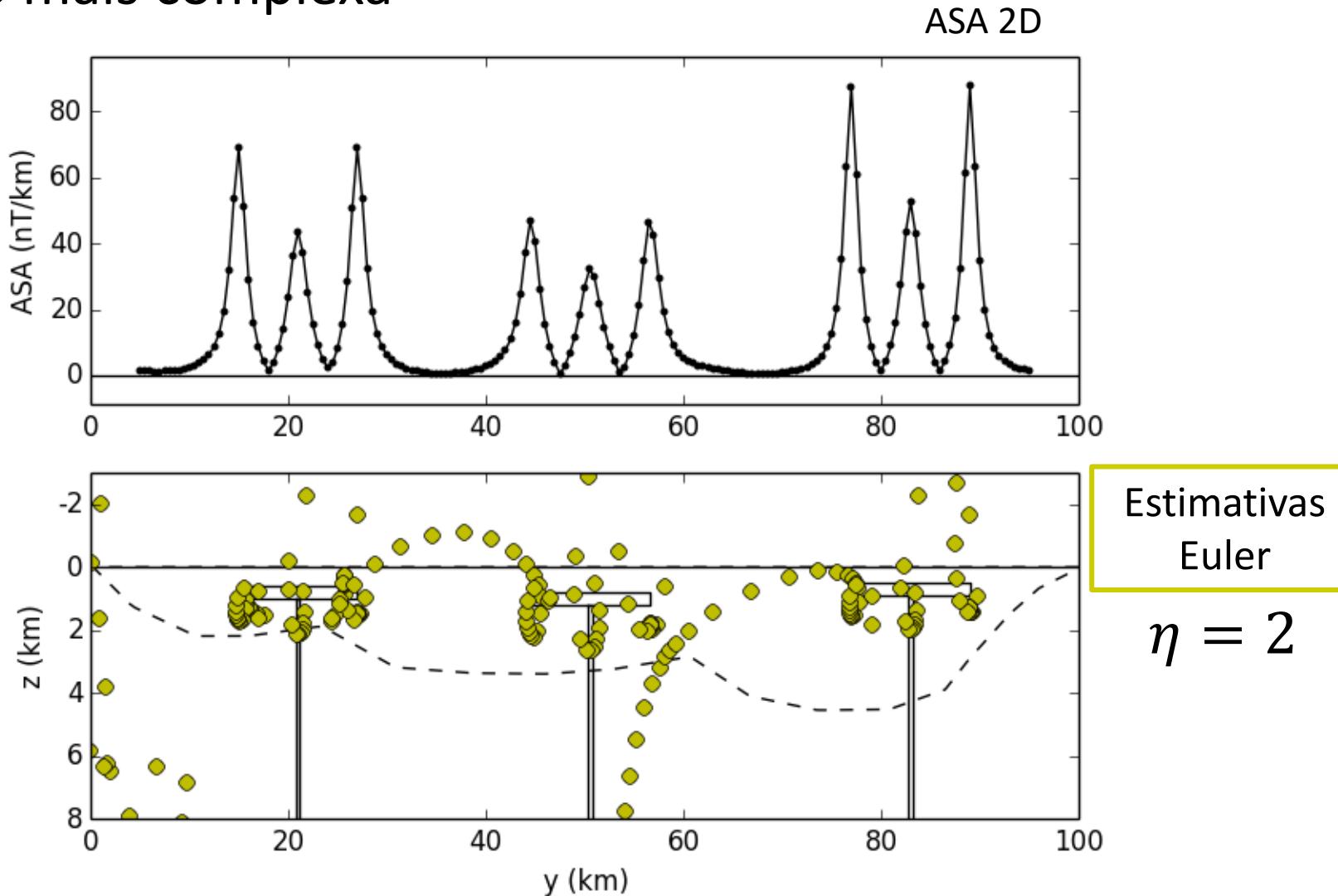
Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



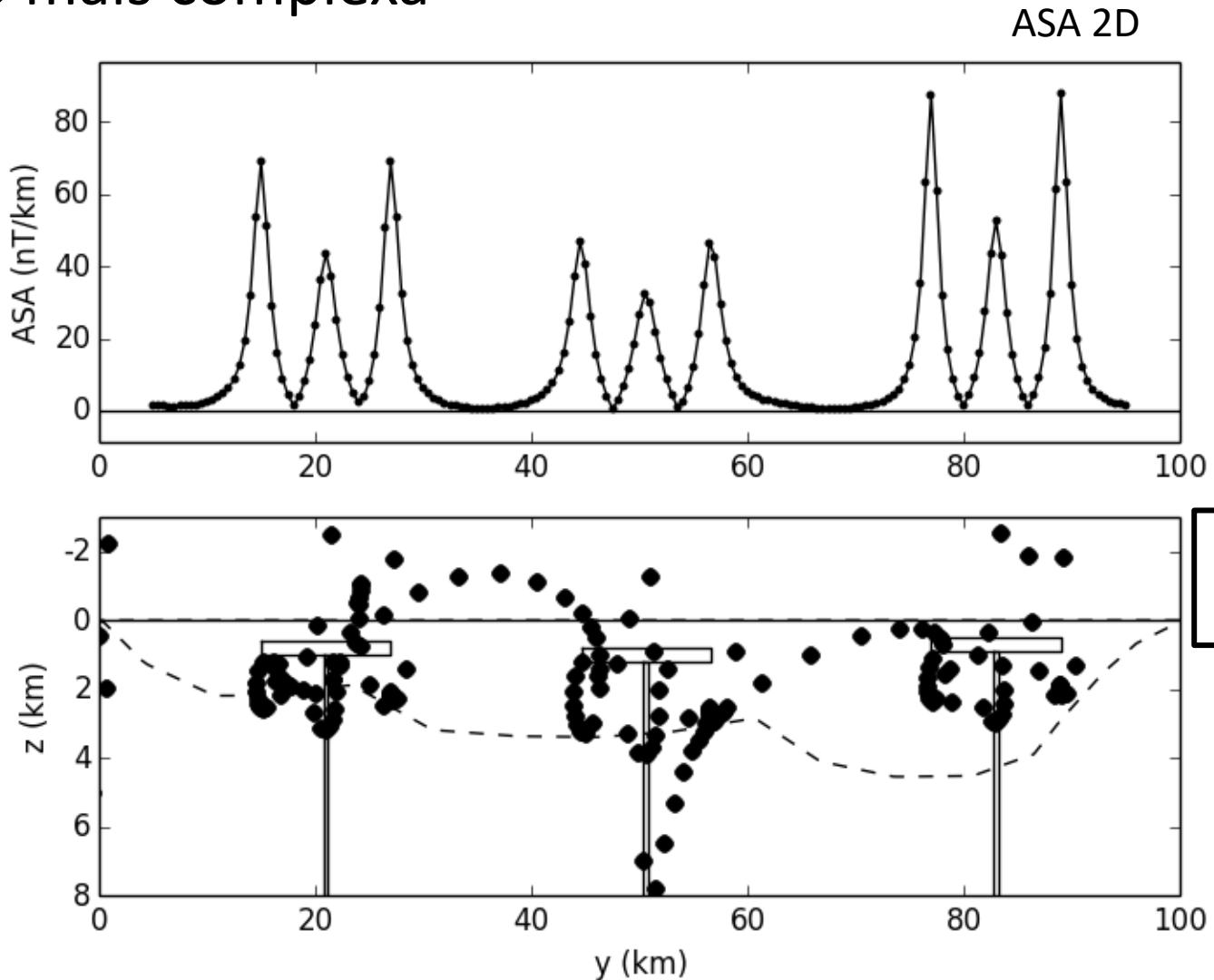
Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa



Amplitude do Sinal Analítico

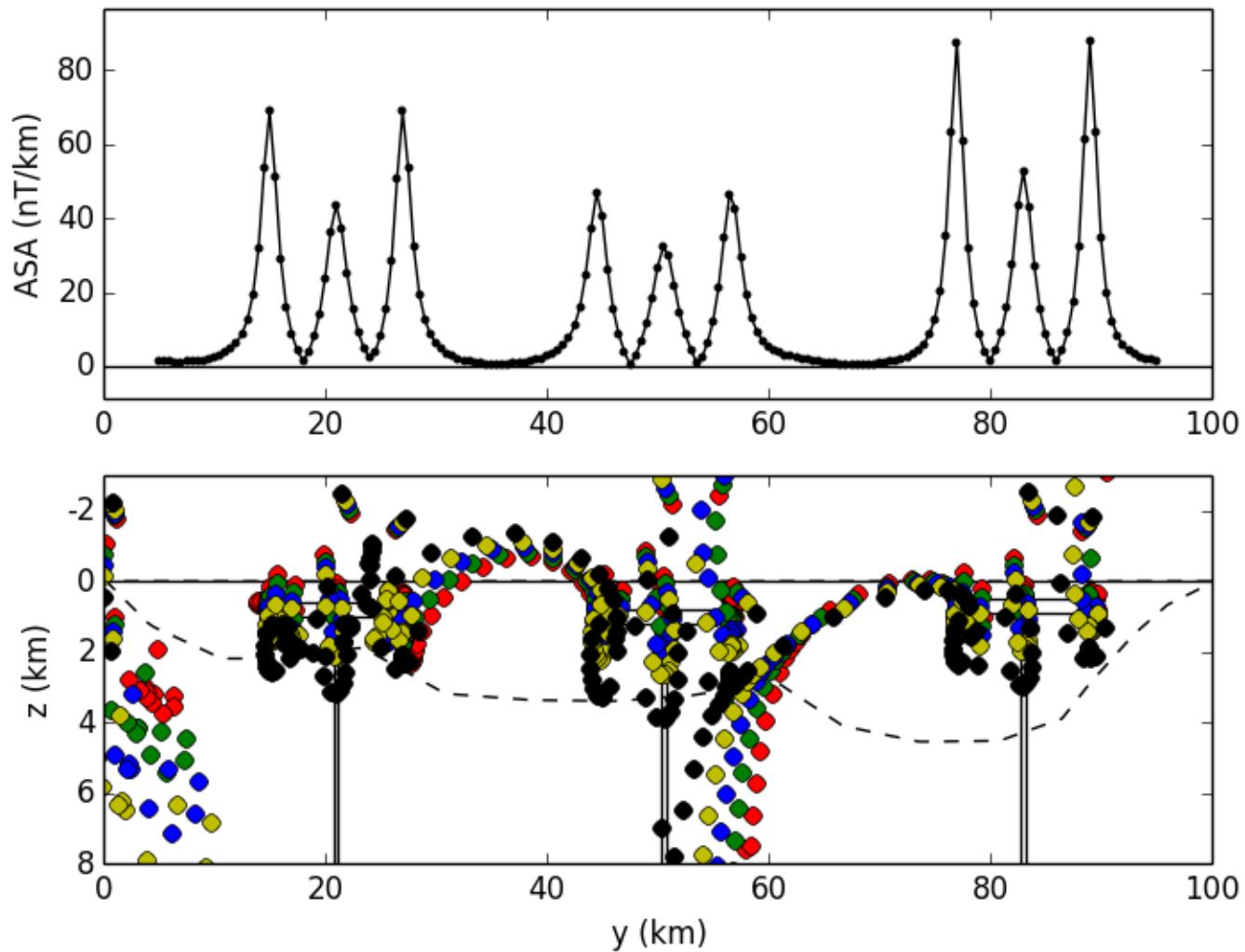
Situação mais complexa



Amplitude do Sinal Analítico

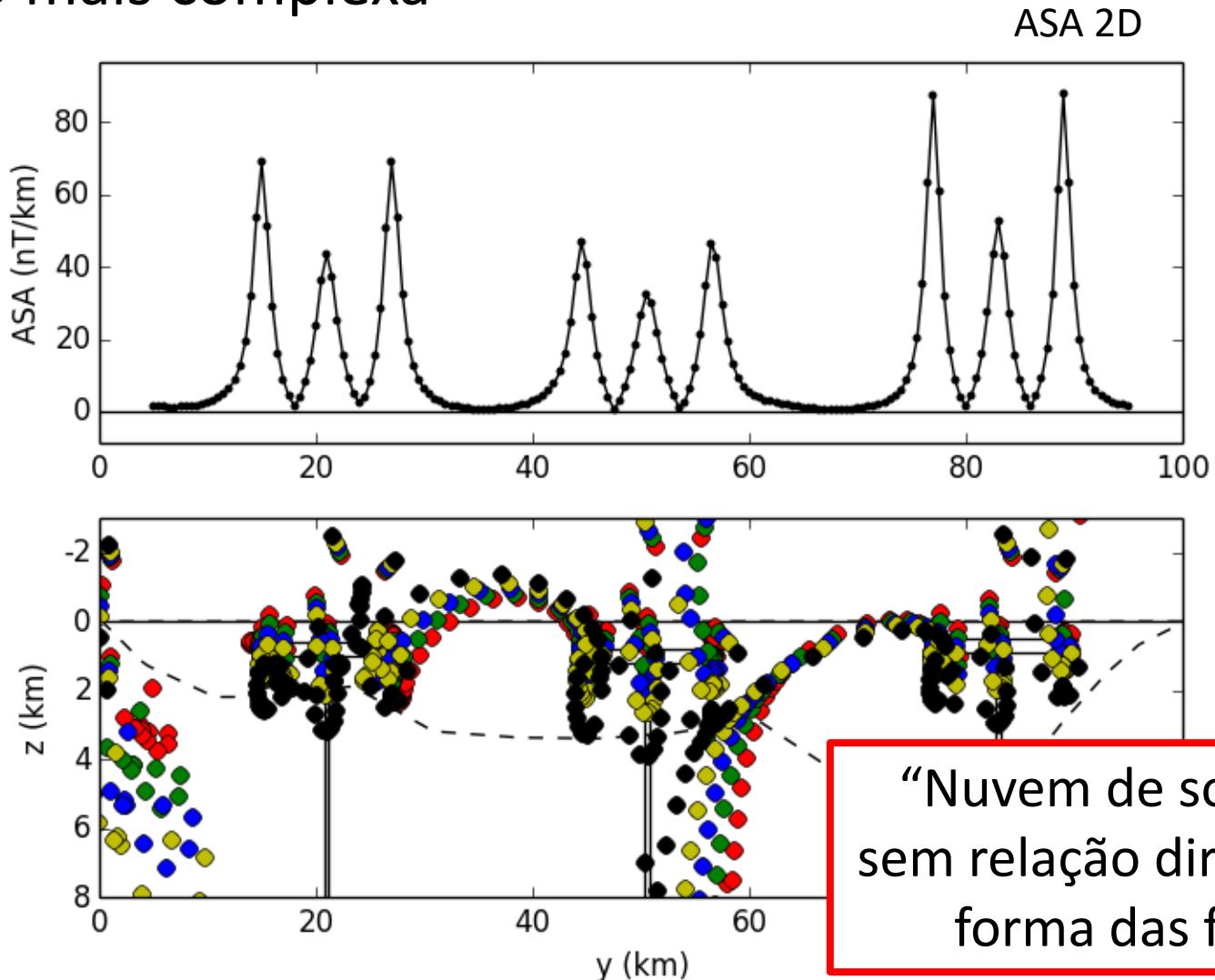
Situação mais complexa

ASA 2D



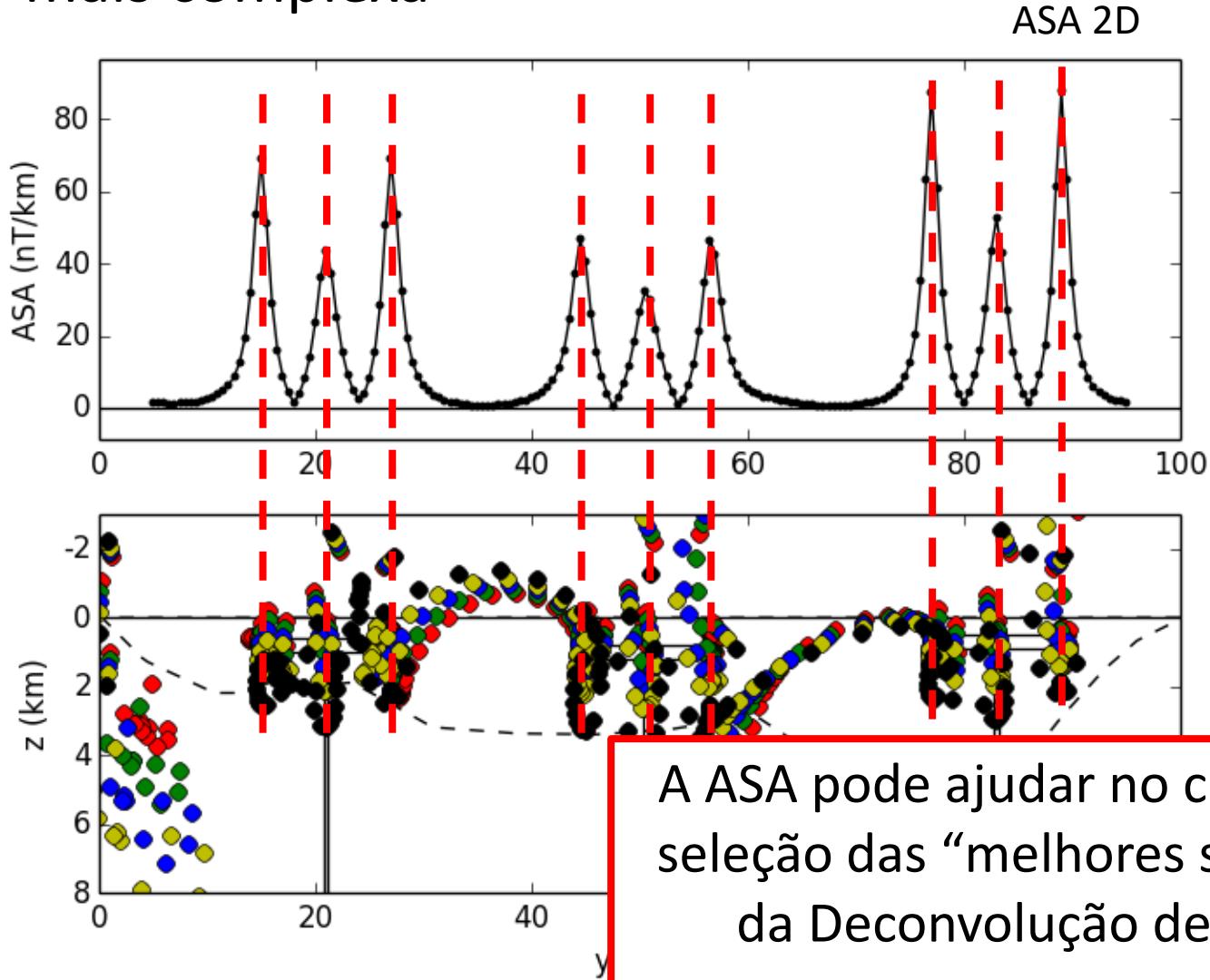
Amplitude do Sinal Analítico

Situação mais complexa

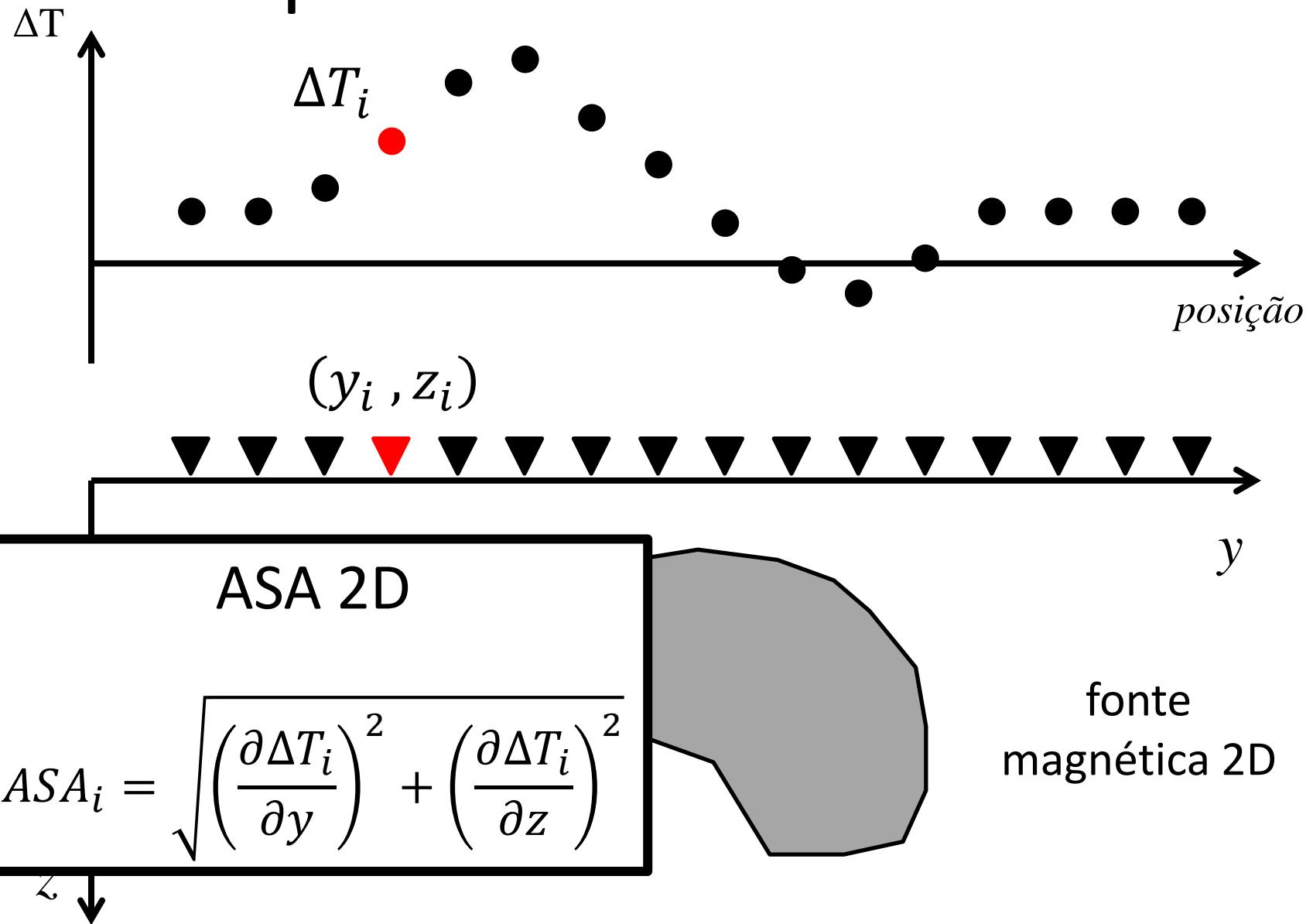


Amplitude do Sinal Analítico

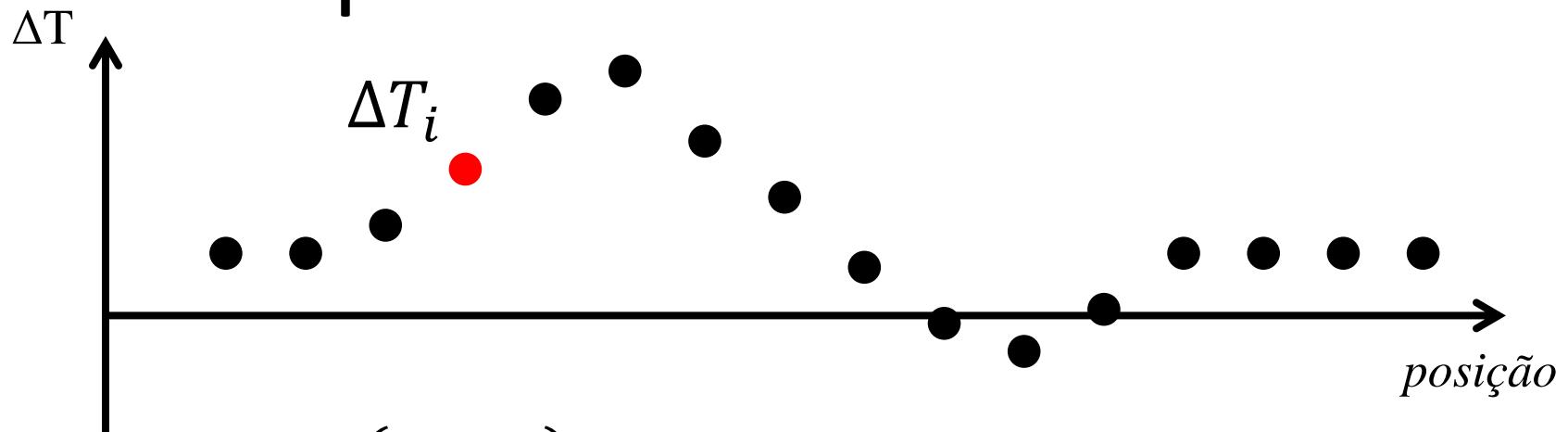
Situação mais complexa



Amplitude do Sinal Analítico



Amplitude do Sinal Analítico

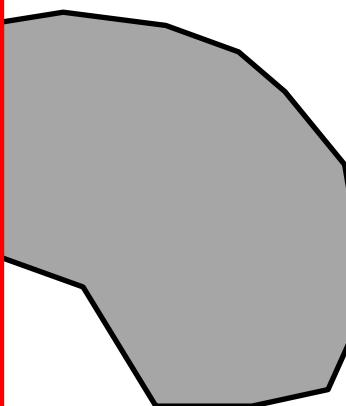


ASA 2D

$$ASA_i = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial z}\right)^2}$$

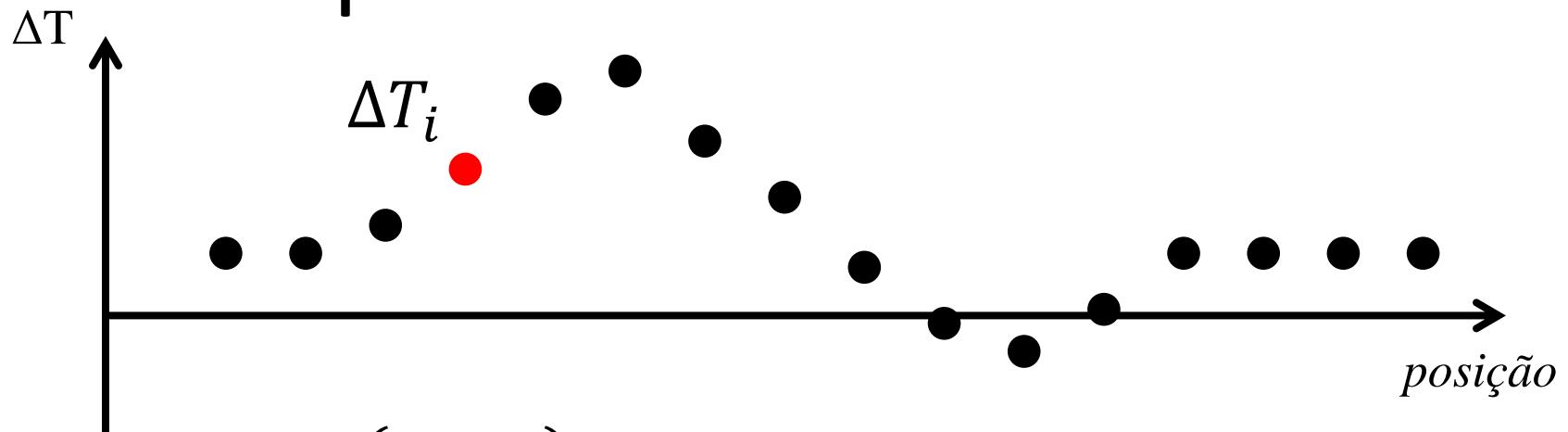
fonte magnética 2D

ζ



y

Amplitude do Sinal Analítico



ASA 3D

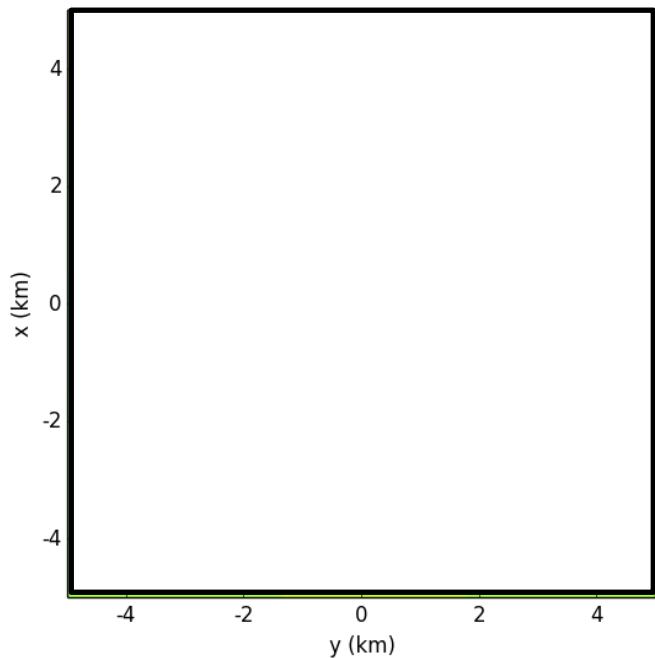
$$ASA_i = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_i}{\partial z}\right)^2}$$

fonte magnética 3D

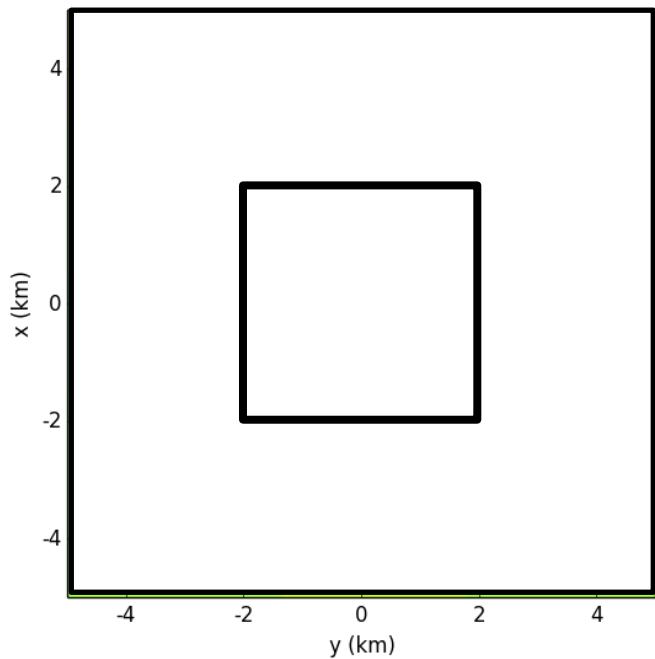
ζ

y

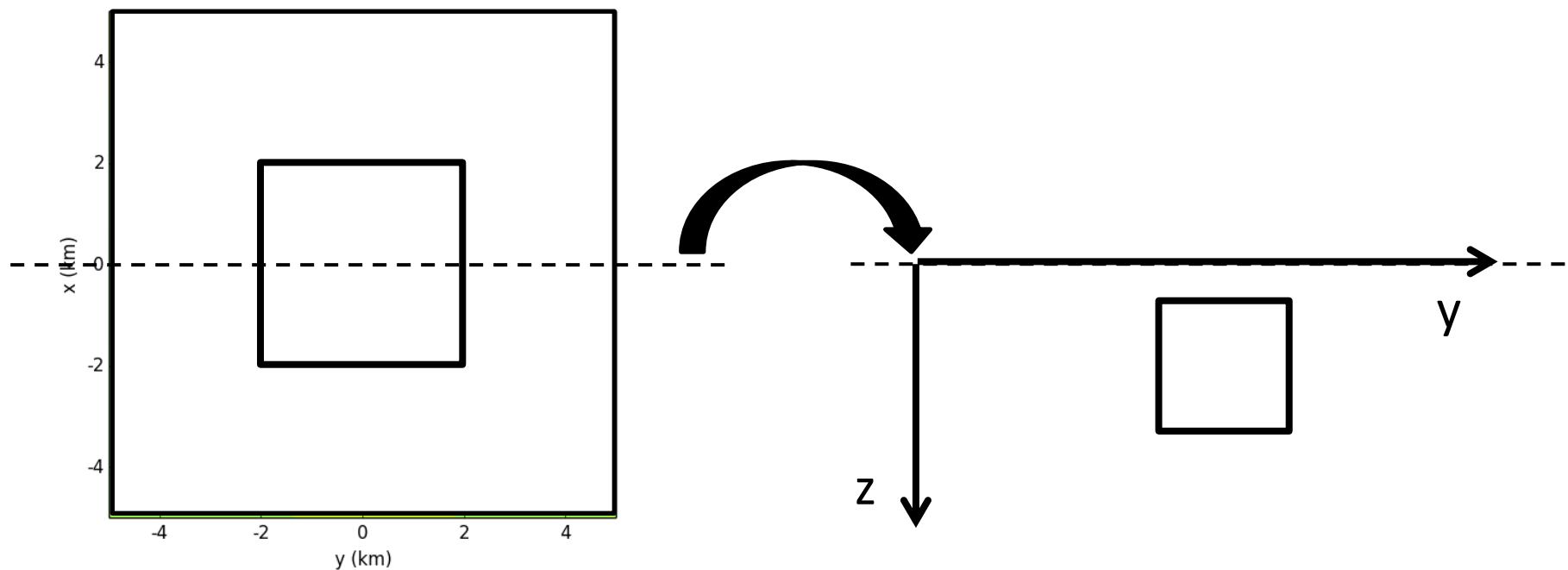
Amplitude do Sinal Analítico



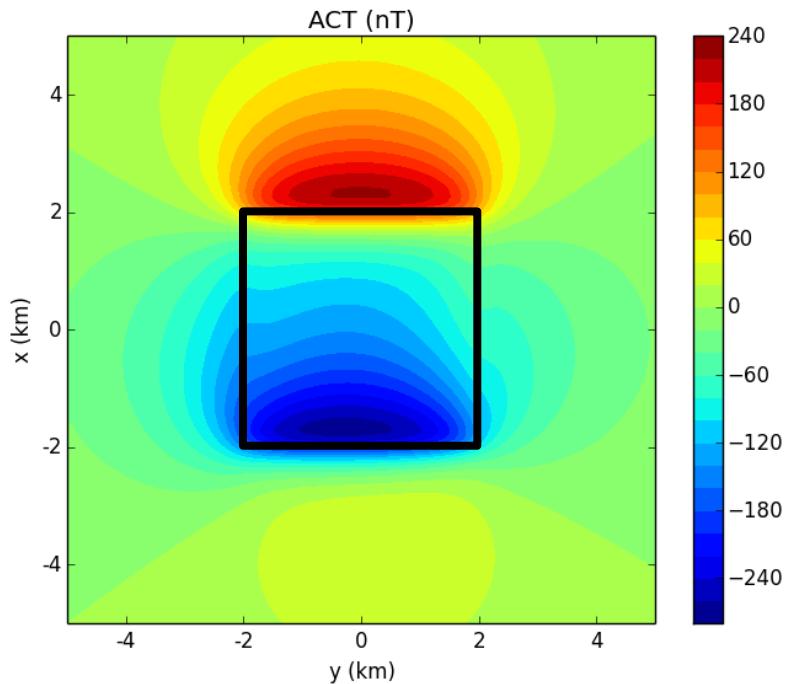
Amplitude do Sinal Analítico



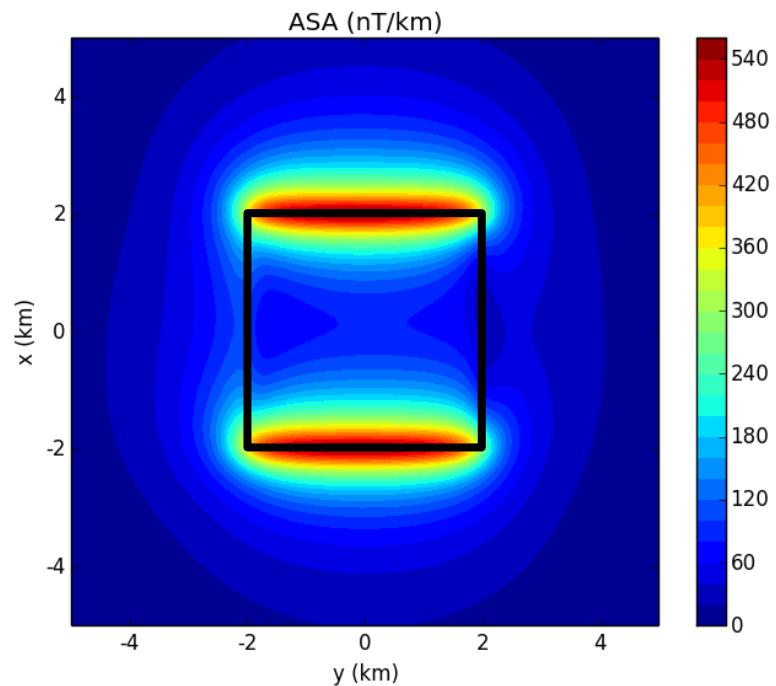
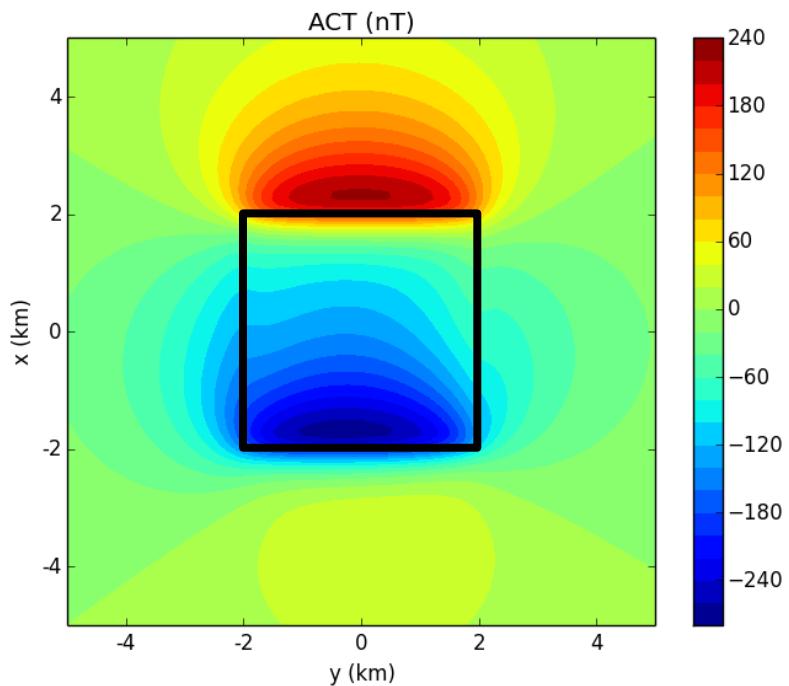
Amplitude do Sinal Analítico



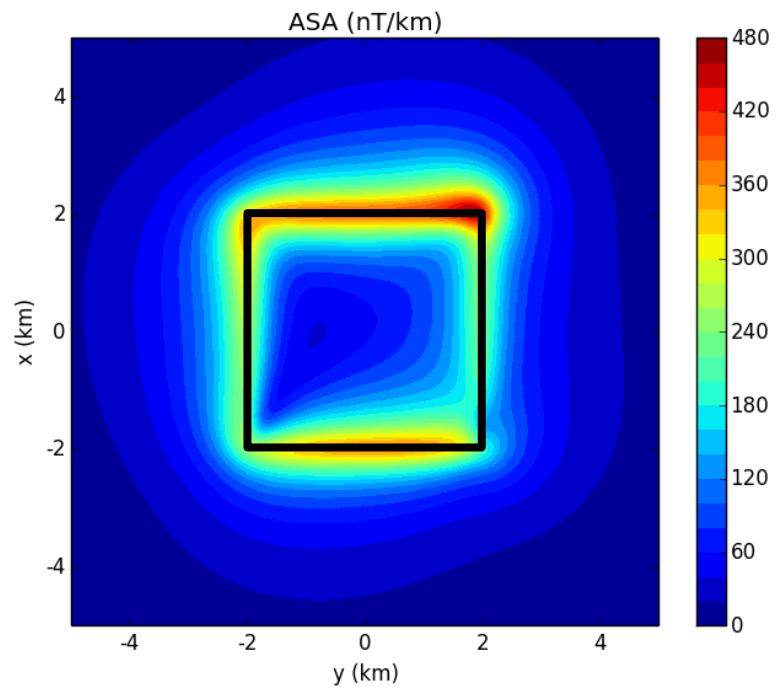
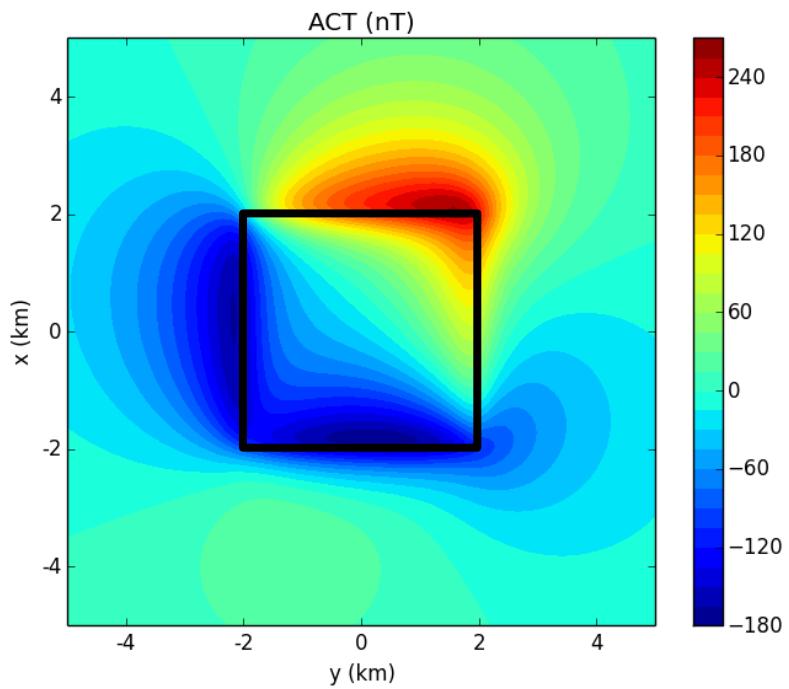
Amplitude do Sinal Analítico



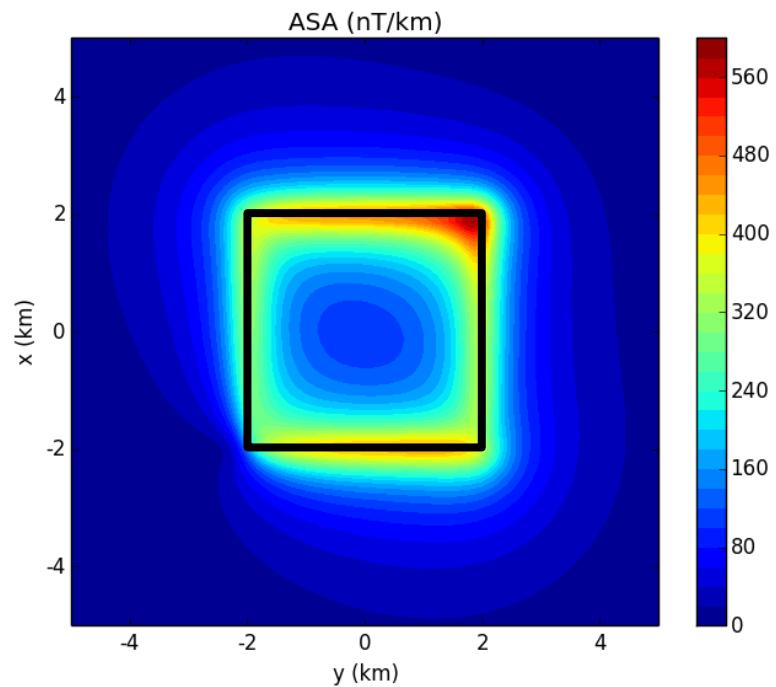
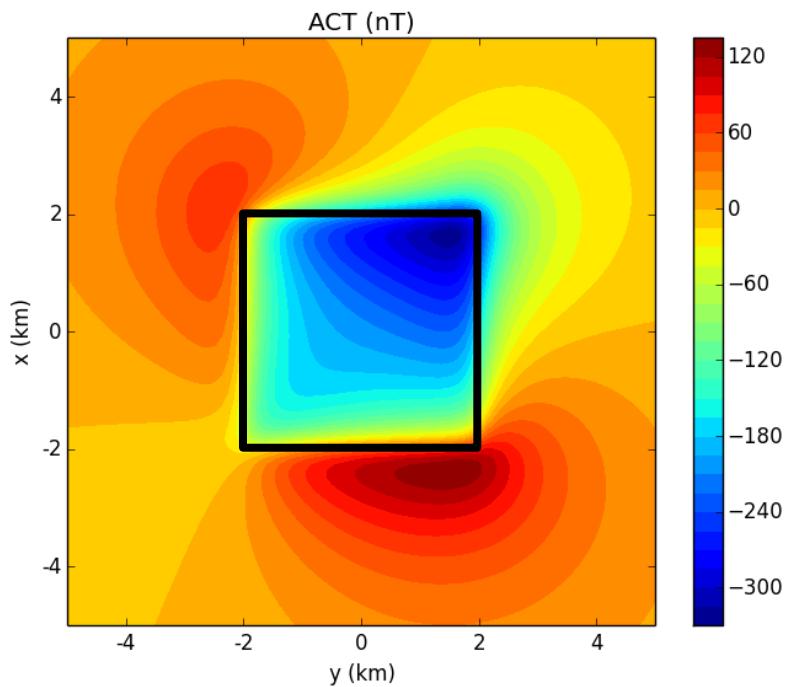
Amplitude do Sinal Analítico



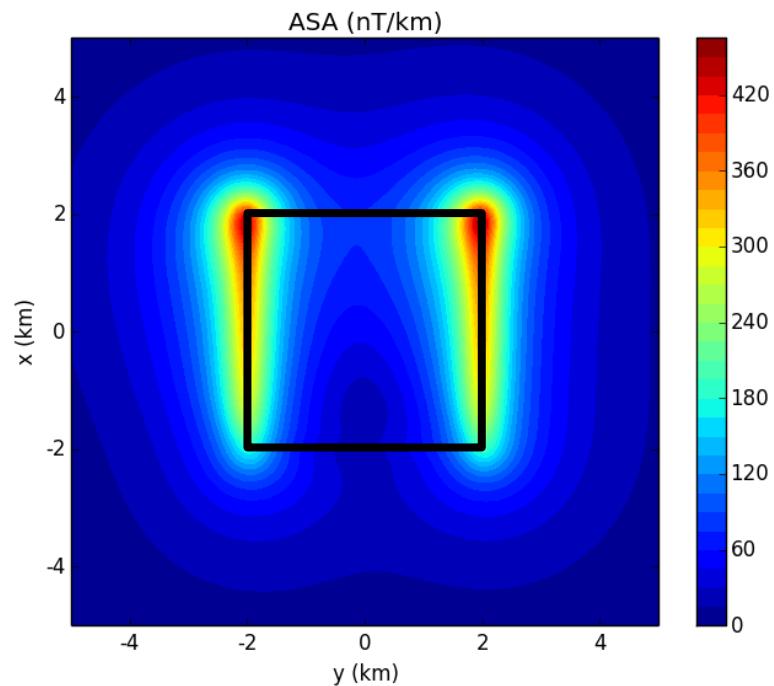
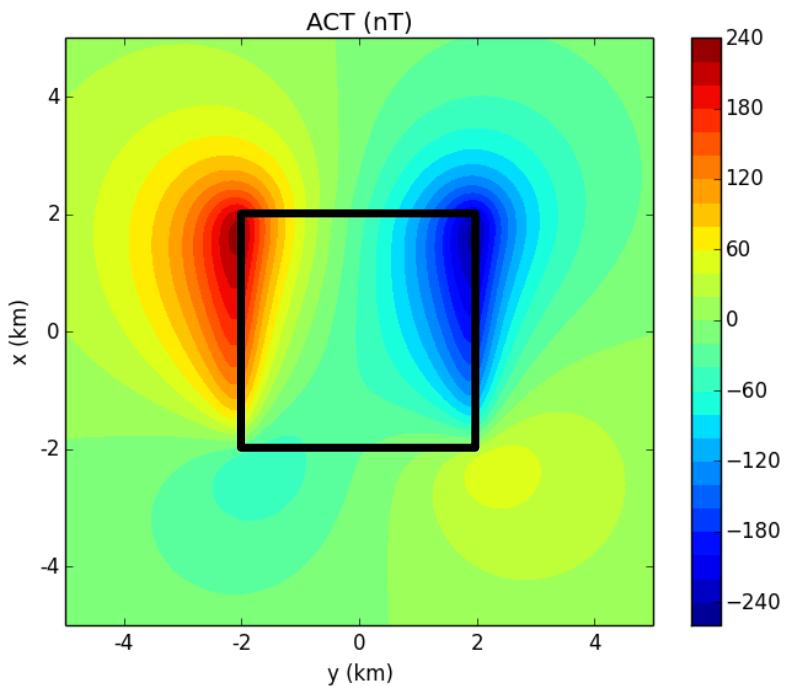
Amplitude do Sinal Analítico



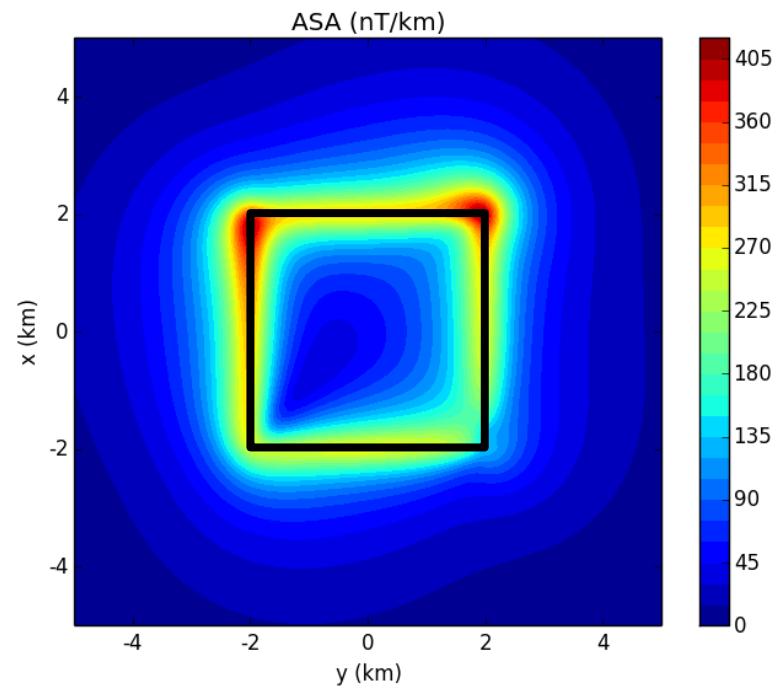
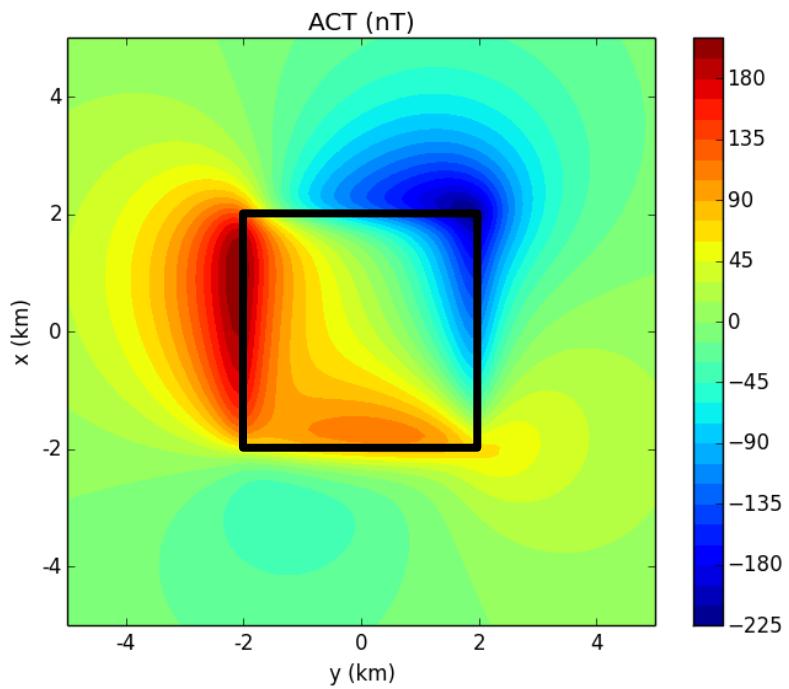
Amplitude do Sinal Analítico



Amplitude do Sinal Analítico



Amplitude do Sinal Analítico



Amplitude do Sinal Analítico

- A Amplitude do Sinal Analítico produzida por corpos **2D NÃO DEPENDE** da direção de magnetização das fontes
- A Amplitude do Sinal Analítico produzida por corpos **3D DEPENDE** da direção de magnetização das fontes

Estrutura

- Deconvolução de Euler
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
 - Sinal Analítico
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
 - Camada Equivalente
 - Comentários Finais
- Necessitam do cálculo de derivadas espaciais dos dados

Estrutura

- Deconvolução de Euler
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
 - Sinal Analítico
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
 - Camada Equivalente
 - Comentários Finais
- Necessitam do cálculo de derivadas espaciais dos dados
- Isso geralmente é feito via FFT

Estrutura

- Deconvolução de Euler

- Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões

- Sinal Analítico

- Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões

- Camada Equivalente

- Comentários Finais

Necessitam do cálculo de derivadas espaciais dos dados

Isso geralmente é feito via FFT

Problema 1: O ruído nos dados são muito amplificados pela derivada via FFT

Estrutura

- Deconvolução de Euler

- Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões

Necessitam do cálculo de derivadas espaciais dos dados

- Sinal Analítico

- Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões

Isso geralmente é feito via FFT

Problema 1: O ruído nos dados são muito amplificados pela derivada via FFT

Problema 2: A FFT requer que os dados estejam regularmente espaçados sobre um plano

- Camada Equivalente

- Comentários Finais

Estrutura

- **Deconvolução de Euler**

- Um pouco de teoria
- Exemplos numéricos (2D)
- Principais conclusões

Necessitam do cálculo de derivadas espaciais dos dados

- **Sinal Analítico**

- Um pouco de teoria
- Exemplos (2D e 3D)
- Principais conclusões

Isso geralmente é feito via FFT

Problema 1: O ruído nos dados são muito amplificados pela derivada via FFT

Problema 2: A FFT requer que os dados estejam regularmente espaçados sobre um plano

- **Camada Equivalente**

- **Comentários Finais**

Camada Equivalente

- Essa técnica surgiu no final dos anos 60, com o trabalho de Dampney (1969)
- É útil para:
 - interpolação (Cordell, 1992; Mendonça e Silva, 1994)
 - continuação para cima (Emilia, 1973; Hansen and Miyazaki, 1984; Li and Oldenburg, 2010)
 - redução ao pólo (Silva 1986; Leão and Silva, 1989; Guspí and Novara, 2009)

Camada Equivalente

- Essa técnica surgiu no final dos anos 60, com o trabalho de Dampney (1969)
- É útil para:
 - interpolação (Cordell, 1992; Mendonça e Silva, 1994)
 - continuação para cima (Emilia, 1973; Hansen and Miyazaki, 1984; Li and Oldenburg, 2010)
 - redução ao pólo (Silva 1986; Leão and Silva, 1989; Guspí and Novara, 2009)

Camada Equivalente

- Essa técnica surgiu no final dos anos 60, com o trabalho de Dampney (1969)
- É útil para:
 - interpolação (Cordell, 1992; Mendonça e Silva, 1994)
 - continuação para cima (Emilia, 1973; Hansen and Miyazaki, 1984; Li and Oldenburg, 2010)
 - redução ao pólo (Silva 1986; Leão and Silva, 1989; Guspí and Novara, 2009)

Camada Equivalente

- Alguns trabalhos foram feitos para reduzir o custo computacional da CE (Leão e Silva, 1989; Mendonça e Silva, 1994; Li and Oldenburg, 2010; Barnes and Lumley, 2011; Oliveira Jr. et al., 2013)
- Atualmente, os principais esforços são feitos com o intuito de tornar a CE viável do ponto de vista computacional

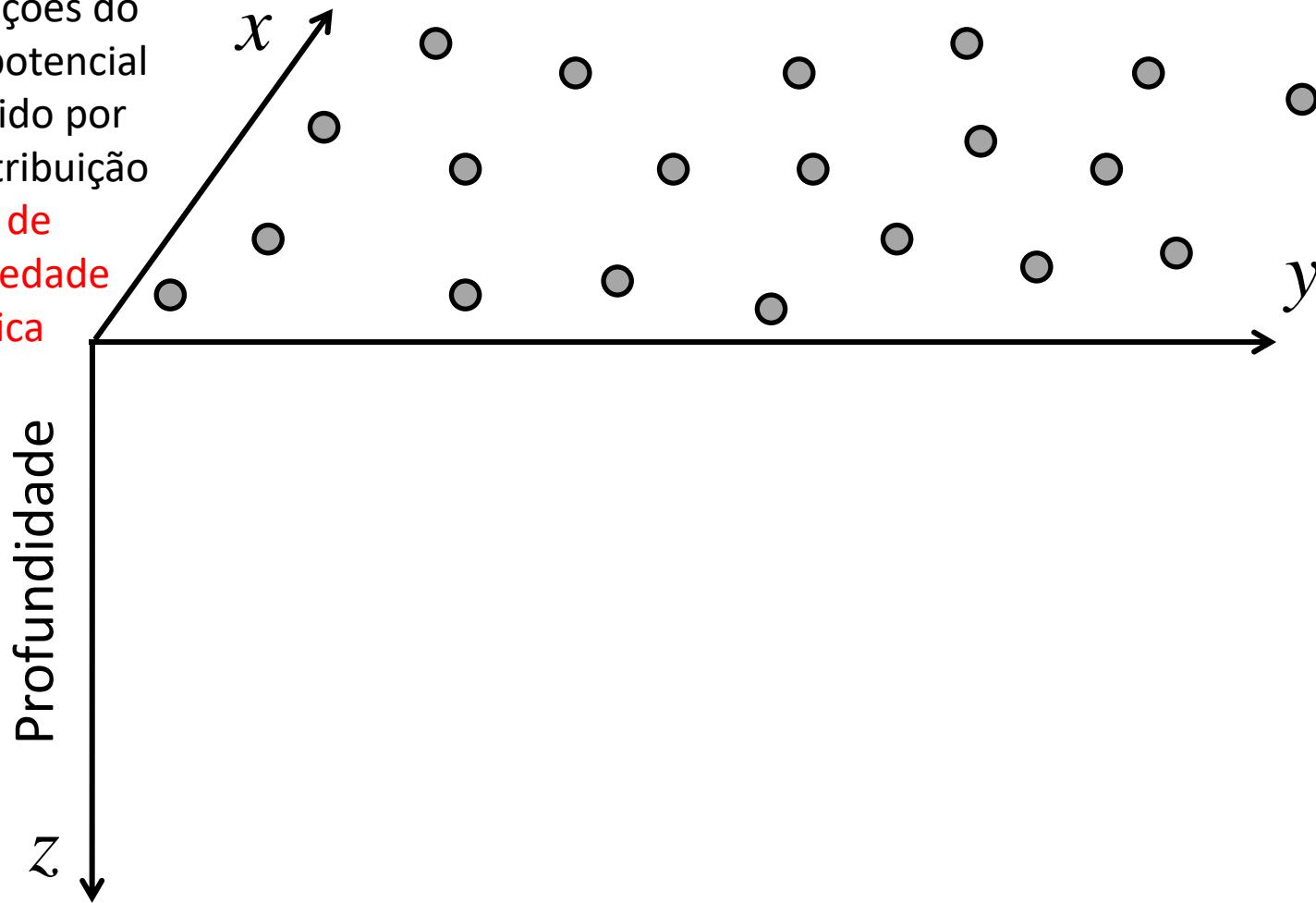
Camada Equivalente

- Alguns trabalhos foram feitos para reduzir o custo computacional da CE (Leão e Silva, 1989; Mendonça e Silva, 1994; Li and Oldenburg, 2010; Barnes and Lumley, 2011; Oliveira Jr. et al., 2013)
- Atualmente, os principais esforços são feitos com o intuito de tornar a CE viável do ponto de vista computacional

Camada Equivalente

Conjunto de N
observações do
campo potencial
produzido por
uma distribuição

3D de
propriedade
física



Camada Equivalente

Conjunto de N
observações do
campo potencial
produzido por
uma distribuição

3D de
propriedade
física

Profundidade

z

x

y

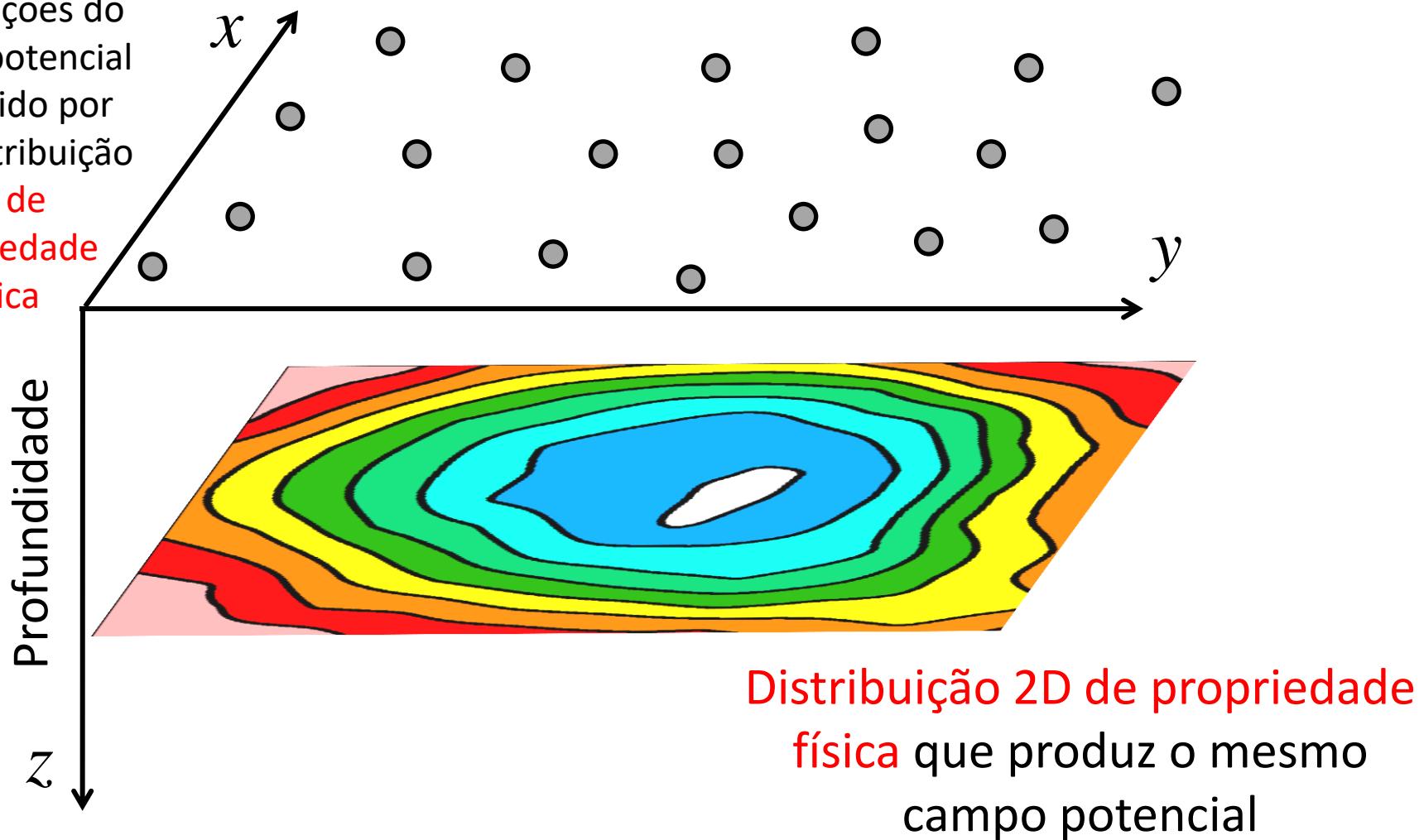


Distribuição 3D de
propriedade física
(densidade ou
magnetização)

Camada Equivalente

Conjunto de N
observações do
campo potencial
produzido por
uma distribuição

3D de
propriedade
física



Camada Equivalente

Conjunto de N
observações do
campo potencial
produzido por
uma distribuição

3D de
propriedade
física

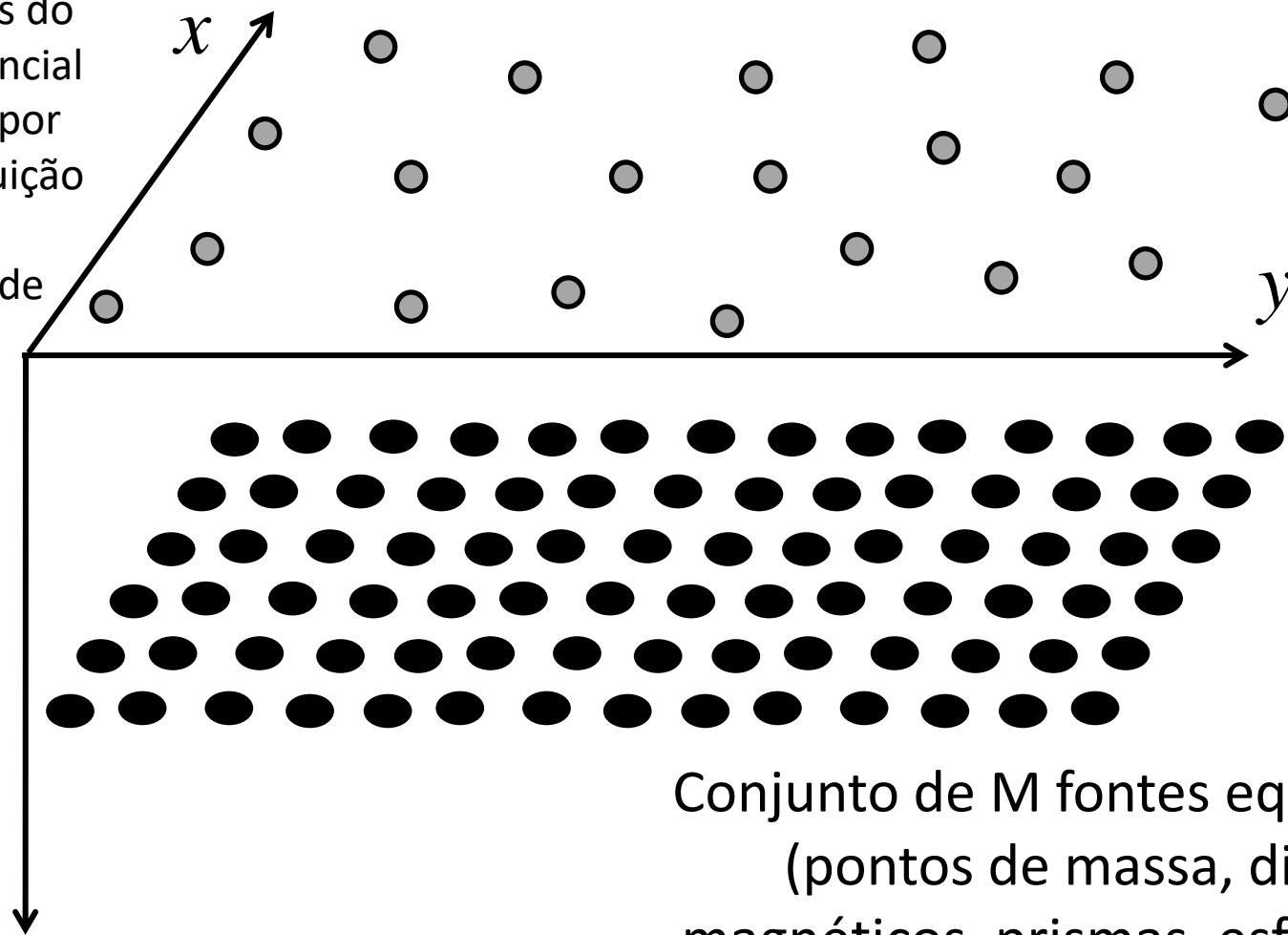
Profundidade

z

x

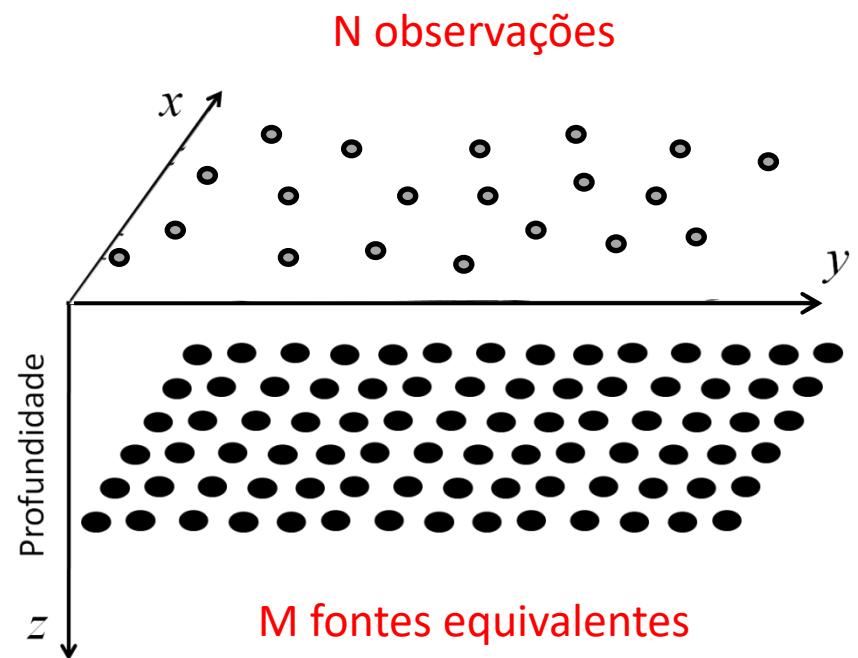
y

Conjunto de M fontes equivalentes
(pontos de massa, dipolos
magnéticos, prismas, esferas, etc.)



Camada Equivalente

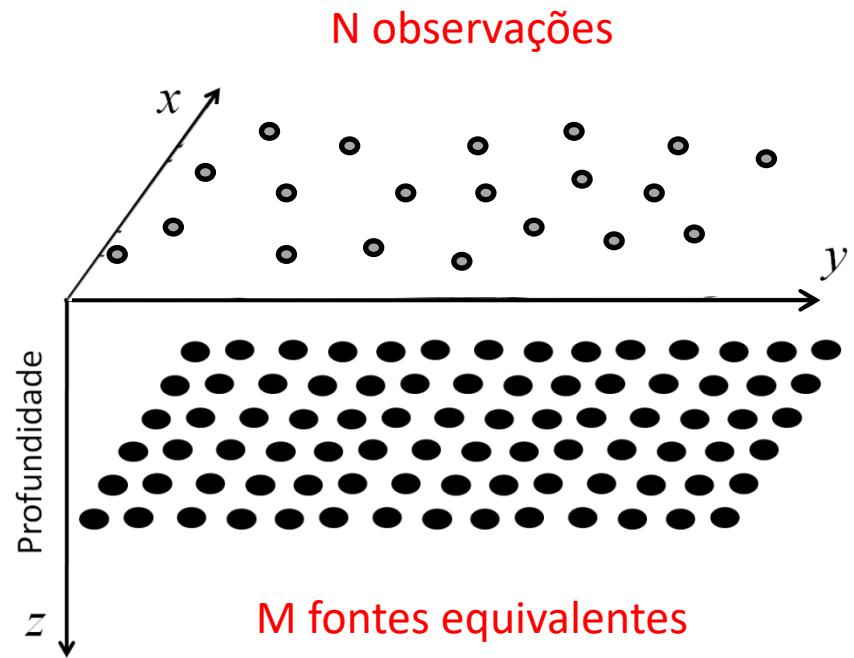
Dado um conjunto de
N observações, estimar
a propriedade física das
M fontes equivalentes



Camada Equivalente

Dado um conjunto de
N observações, estimar
a propriedade física das
M fontes equivalentes

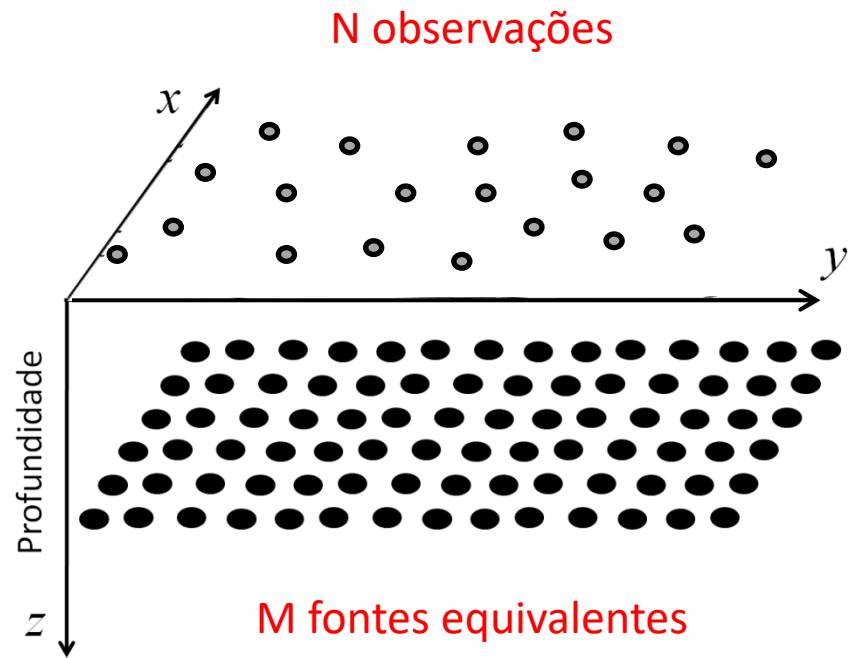
Resolver um sistema linear
com **N equações** e
M incógnitas



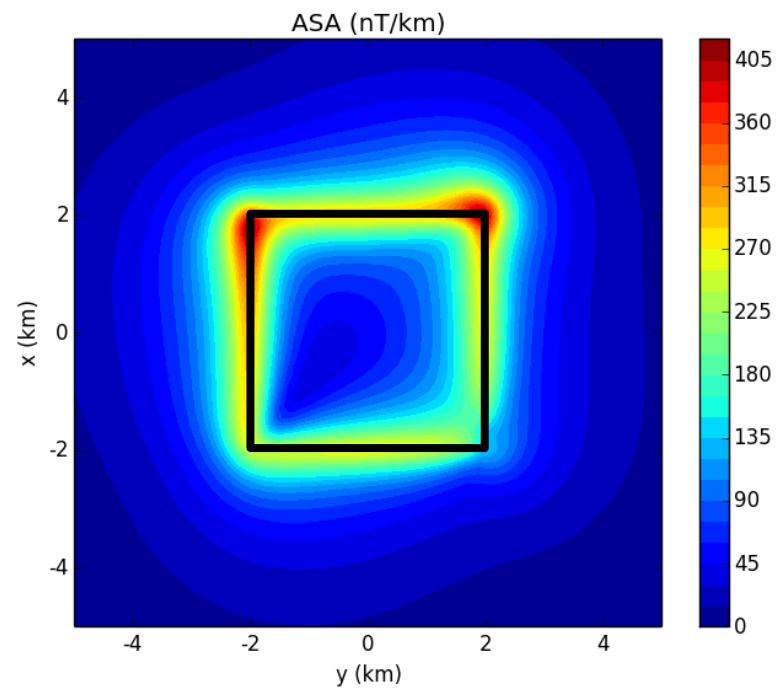
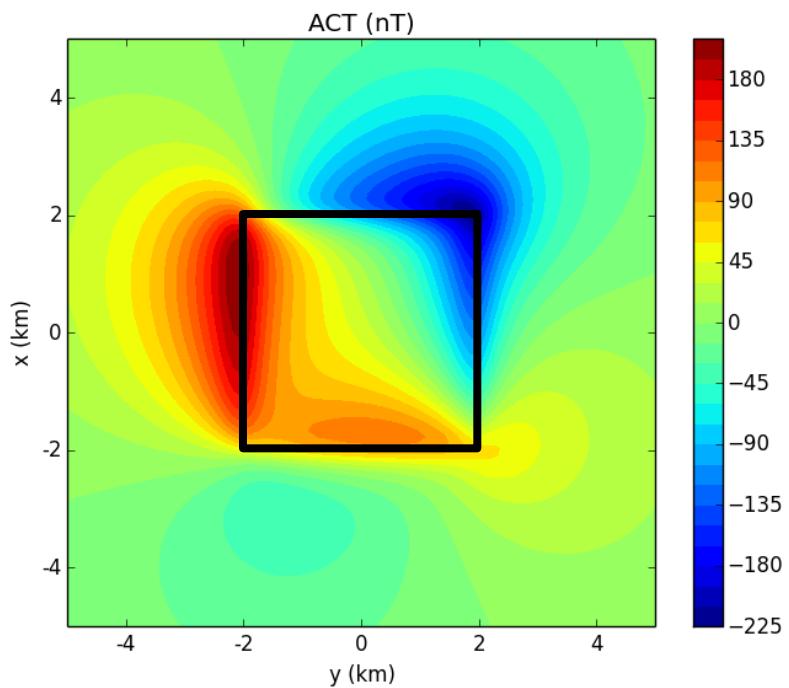
Camada Equivalente

N grande implica em **M** grande e a solução do sistema pode se tornar proibitiva em termos computacionais

Resolver um sistema linear com **N** equações e **M** incógnitas

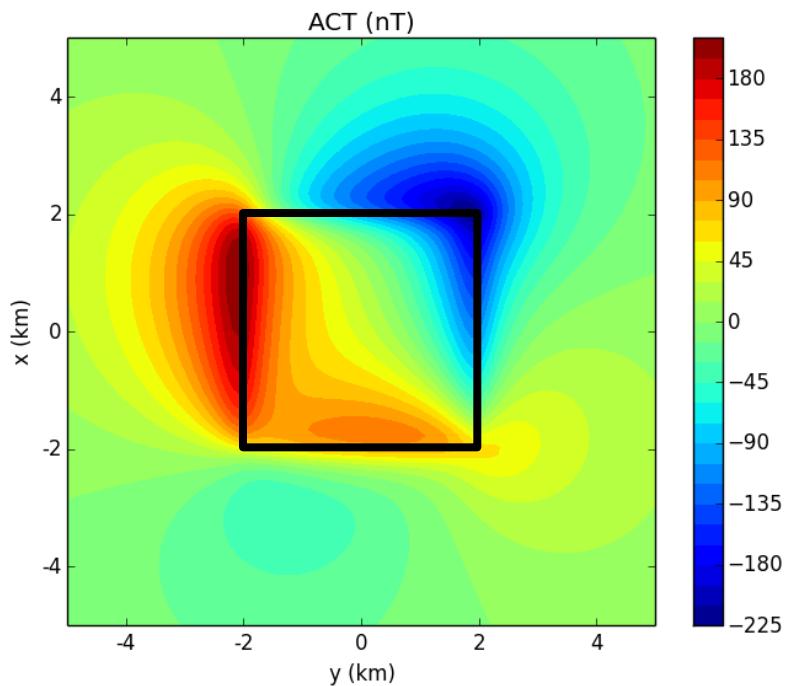


Camada Equivalente

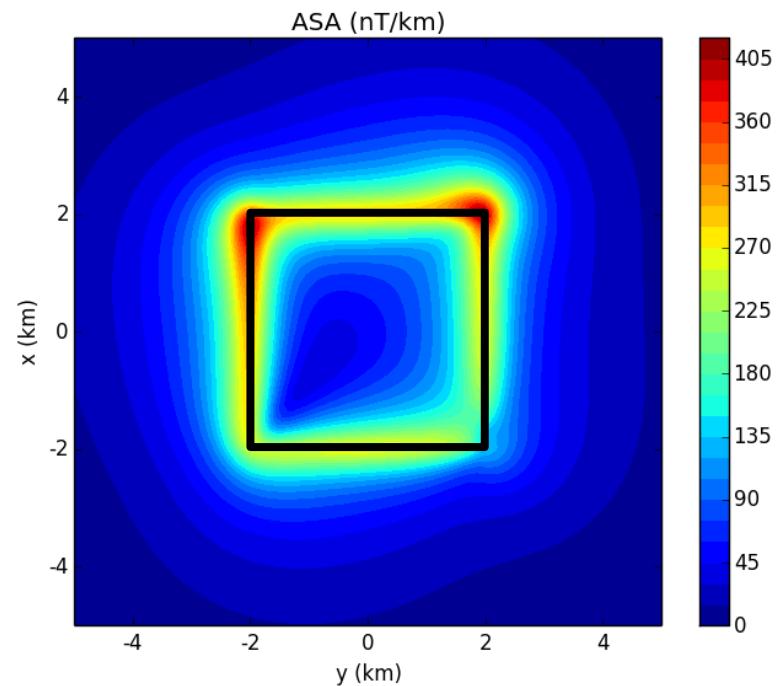


Camada Equivalente

Ruído 0 nT

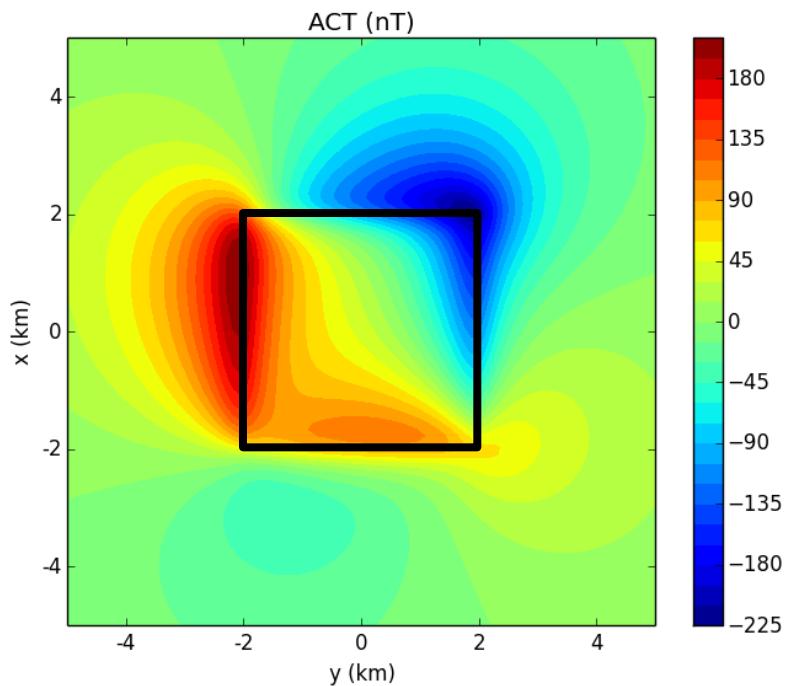


Derivadas “exatas”

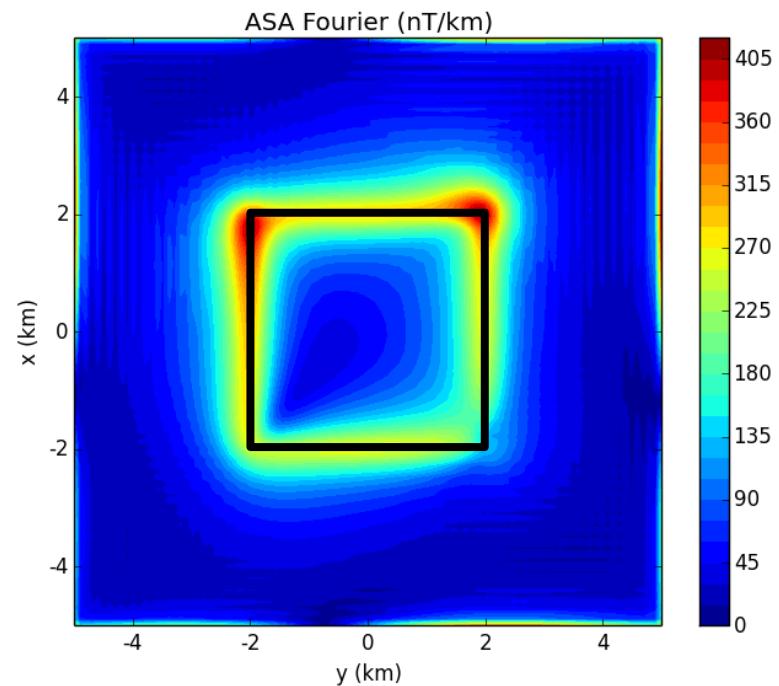


Camada Equivalente

Ruído 0 nT

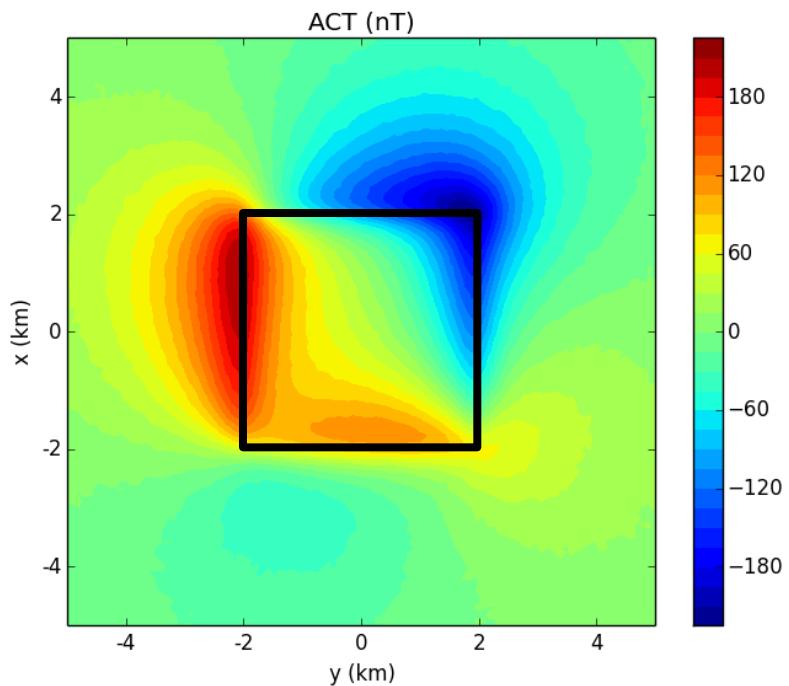


FFT

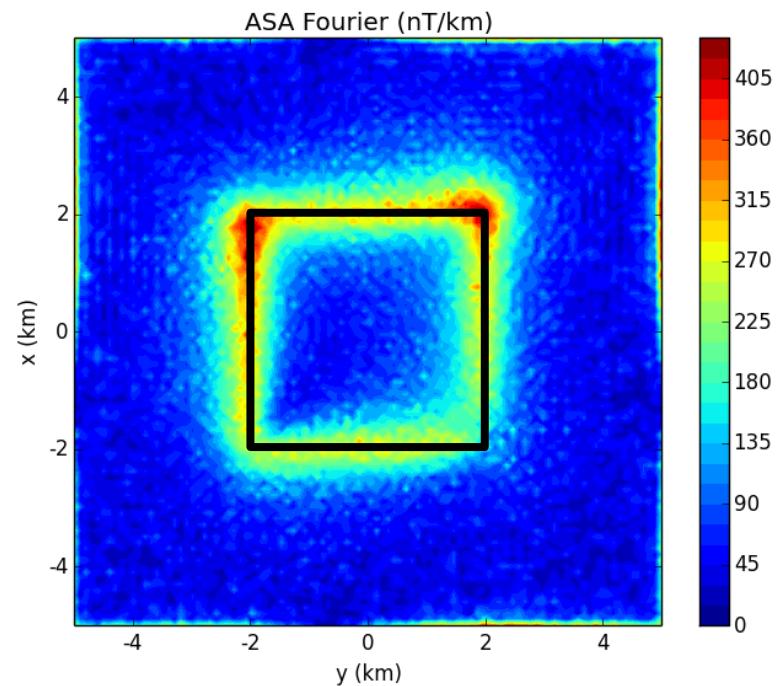


Camada Equivalente

Ruído 1 nT

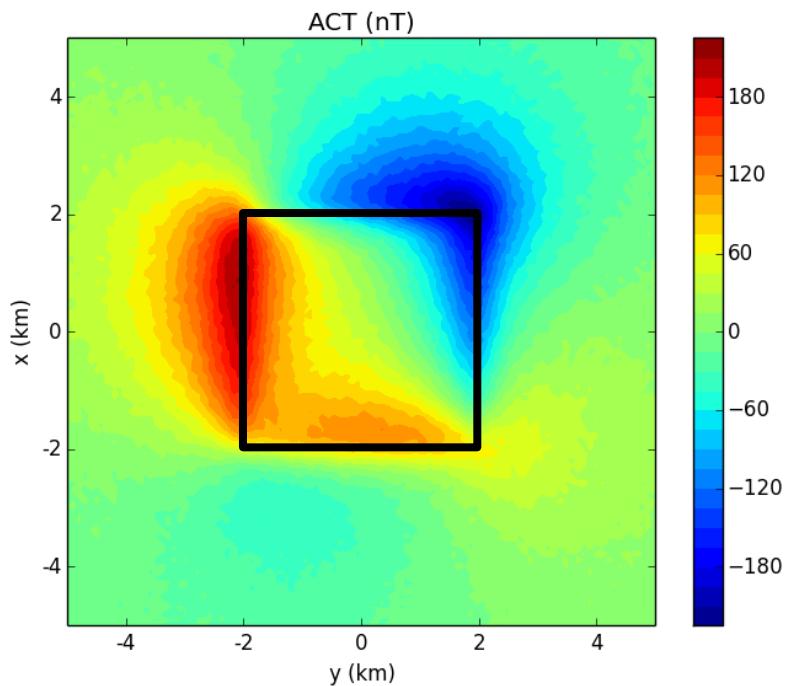


FFT

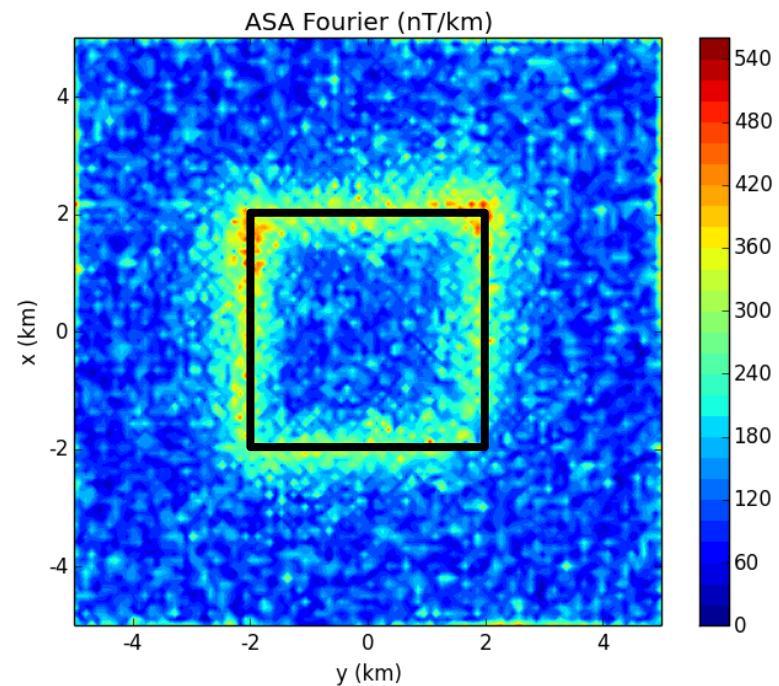


Camada Equivalente

Ruído 3 nT

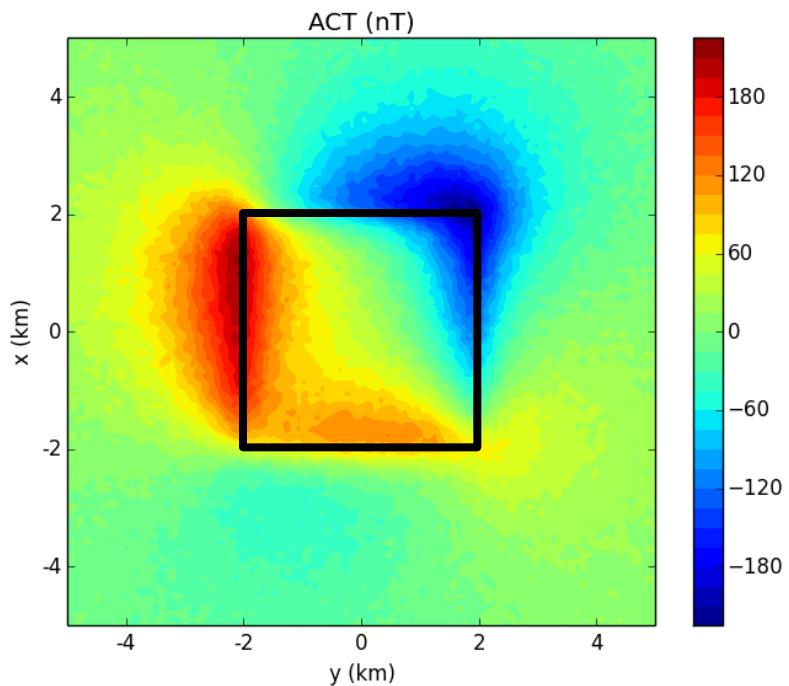


FFT

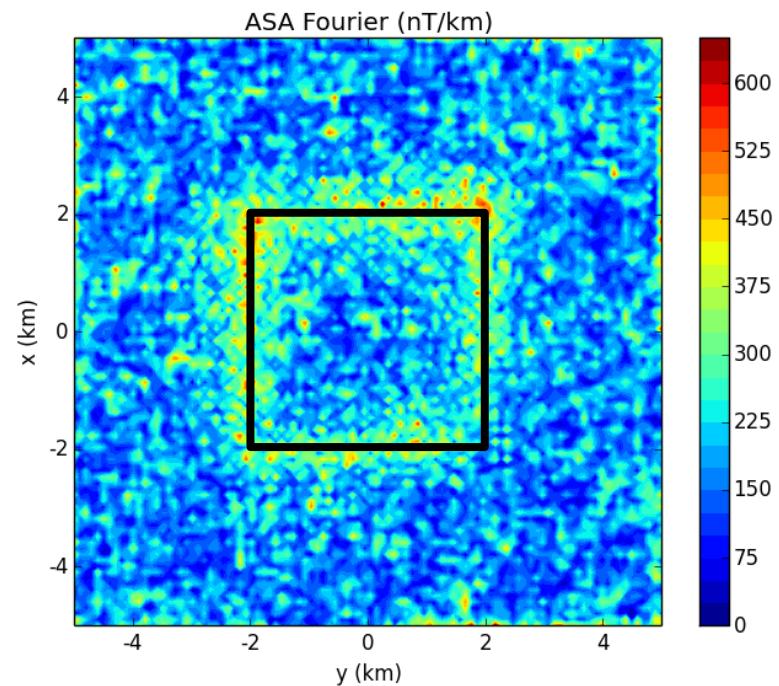


Camada Equivalente

Ruído 5 nT



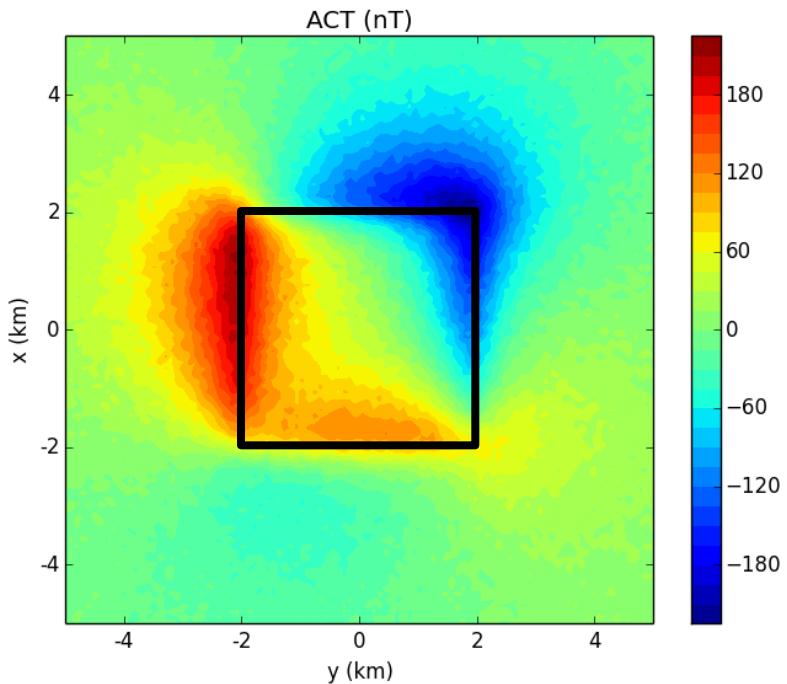
FFT



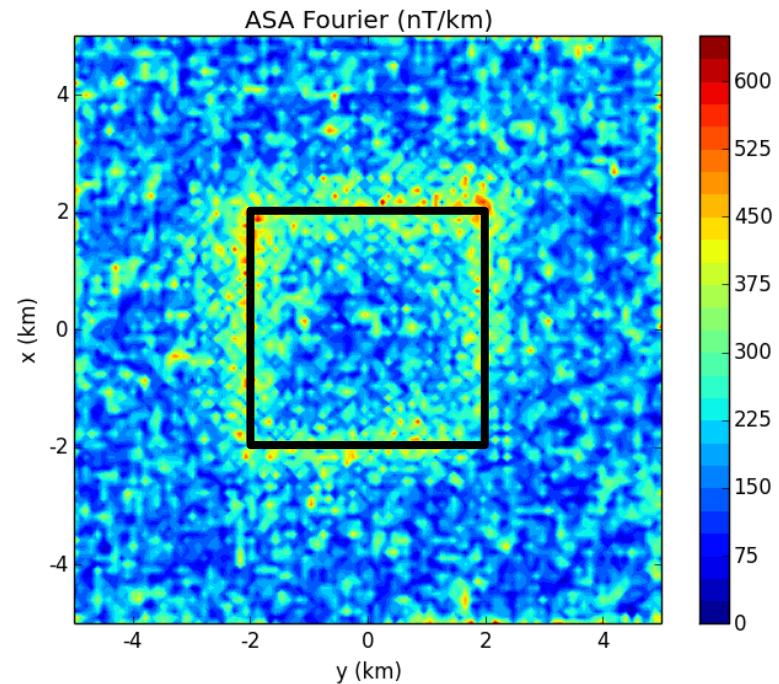
Camada Equivalente

É possível usar a Camada Equivalente (CE) para tentar remover o ruído dos dados

Ruído 5 nT

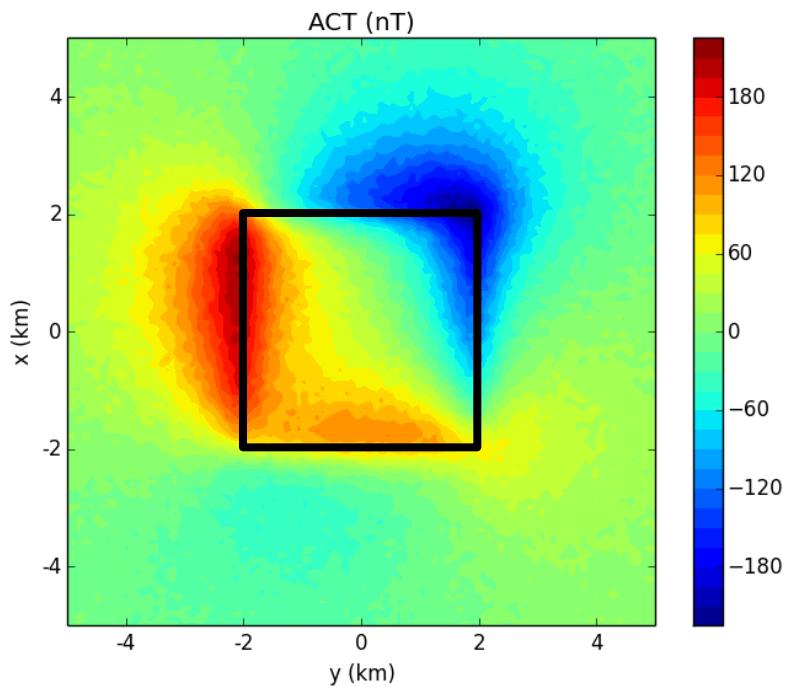


FFT

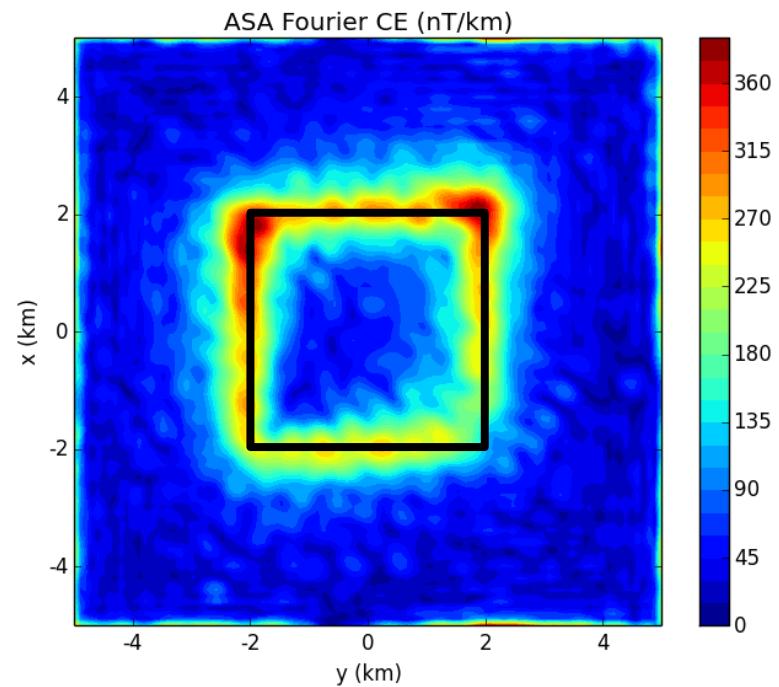


Camada Equivalente

Ruído 5 nT



CE + FFT



Camada Equivalente

Além de possibilitar a atenuação do ruído, a CE é útil para:

- Interpolar os dados, o que possibilita calcular os dados em uma grade regular sobre um plano antes de utilizar a FFT
- Calcular a derivada dos dados irregularmente espaçados

Estrutura

- Deconvolução de Euler
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos numéricos (2D)
 - Principais conclusões
- Sinal Analítico
 - Um pouco de teoria
 - Exemplos (2D e 3D)
 - Principais conclusões
- Camada Equivalente
- Comentários Finais

Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são relativamente “baratos” do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são relativamente “baratos” do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são relativamente “baratos” do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são relativamente “baratos” do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

Comentários Finais

- As técnicas não podem ser utilizadas como uma “caixa-preta”
- A utilização “cega” de um software comercial do tipo “caixa-preta” pode gerar resultados sem sentido
- Diferente da sísmica ou métodos EM, os métodos potenciais são relativamente “baratos” do ponto de vista computacional
- Isso permite a realização de diversos testes numéricos com o intuito de avaliar o desempenho de uma determinada técnica em uma determinada situação geológica

Comentários Finais

A grande maioria das técnicas em métodos potenciais precisam ser testadas em situações que representem as condições reais da área de estudo

Comentários Finais

A grande maioria das técnicas em métodos potenciais precisam ser testadas em situações que representem as condições reais da área de estudo

Nenhum resultado obtido de maneira completamente automática é confiável do ponto de vista científico

Comentários Finais

fatiando.org

Fatiando a Terra

Geophysical modeling and inversion



A apresentação e os códigos feitos para gerar os resultados mostrados aqui serão disponibilizados em breve (vandscoelho@gmail.com)

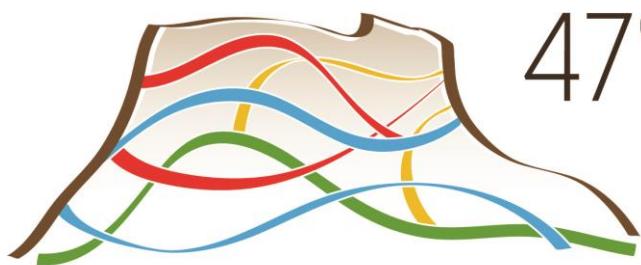
Referências

- Thompson, D.: EULDPH: A new technique for making computer assisted depth estimates from magnetic data, *Geophysics*, 47, 980 31–37, doi:10.1190/1.1441278, 1982
- Reid, A., Allsop, J., Granser, H., Millett, A., and Somerton, I.: Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics*, 55, 80–91, doi:10.1190/1.1442774, 1990
- Fairhead, J. D. , Bennett, K. J., Gordon, D. R. H., and Huang, D. : Euler: Beyond the “Black Box”. SEG Technical Program Expanded Abstracts 1994: 422-424, doi: 10.1190/1.1932113, 1994
- Stavrev, P. Y.: Euler deconvolution using differential similarity transformations of gravity or magnetic anomalies, *Geophysical Prospecting*, 45, 207–246, doi: 10.1046/j.1365-2478.1997.00331.x, 1997
- Barbosa, V. C. F., Silva, J. B. C. e Medeiros, W E., Stability analysis and improvement of structural index estimation in Euler deconvolution, *Geophysics*, 64(1), 48-60, doi: 10.1190/1.1444529, 1999
- Mushayandebvu , M. F., van Driel , P., Reid, A. B. e Fairhead , J. D., Magnetic source parameters of two-dimensional structures using extended Euler deconvolution, *Geophysics*, 66(3), 814-823, doi: 10.1190/1.1444971, 2001
- Nabighian , M. N. e Hansen, R. O., Unification of Euler and Werner deconvolution in three dimensions via the generalized Hilbert transform, *Geophysics*, 66(6), 1805-1810, doi: 10.1190/1.1487122, 2001
- Silva, J. B. C, Barbosa, V. C. F. e Medeiros, W. E., Scattering, symmetry, and bias analysis of source-position estimates in Euler deconvolution and its practical implications, *Geophysics*, 66(4), 1149-1156, doi: 10.1190/1.1487062, 2001

Referências

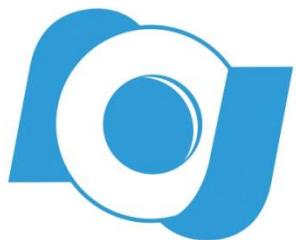
- Mikhailov, V., Galdeano, A., Diament, M., Gvishiani, A, Agayan, S., Bogoutdinov, S., Graeva, E. e Sailhac, P., Application of artificial intelligence for Euler solutions clustering, *Geophysics*, 68(1), 168-180, doi: 10.1190/1.1543204, 2003
- Salem, A. e Ravat, D., A combined analytic signal and Euler method (AN-EUL) for automatic interpretation of magnetic data, *Geophysics*, 68(6), 1952-1961, doi: 10.1190/1.1635049, 2003
- Silva, J. B. C. e Barbosa, V. C. F., 3D Euler deconvolution: Theoretical basis for automatically selecting good solutions, *Geophysics*, 68(6), 1962-1968, doi: 10.1190/1.1635050, 2003
- Stavrev, P. e Reid, A., Degrees of homogeneity of potential fields and structural indices of Euler deconvolution, *Geophysics*, 72(1), L1-L12, doi: 10.1190/1.2400010, 2007
- Melo, F. F., Barbosa, V. C. F., Uieda, L., Oliveira Jr., V. C. e Silva, J. B. C., Estimating the nature and the horizontal and vertical positions of 3D magnetic sources using Euler deconvolution, *Geophysics*, 78(6), J87-J98, doi: 10.1190/GEO2012-0515.1, 2013
- Uieda, L., Oliveira Jr., V. C. e Barbosa, V. C. F., Geophysical tutorial: Euler deconvolution of potential-field data, *The Leading Edge*, 448-450, doi: 10.1190/tle33040448.1, 2014
- Reid, A. B., Ebbing, J. e Webb, S. J., Avoidable Euler Errors – the use and abuse of Euler deconvolution applied to potential fields, *Geophysical Prospecting*, doi: 10.1111/1365-2478.12119, 2014

Muito obrigado!



47º CONGRESSO BRASILEIRO
DE GEOLOGIA
21 a 26 / setembro / 2014
Salvador ★ Bahia

Trilhando as Novas Fronteiras dos Recursos Naturais



Observatório
Nacional



Fundaçao Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

