

# **Disciplina**

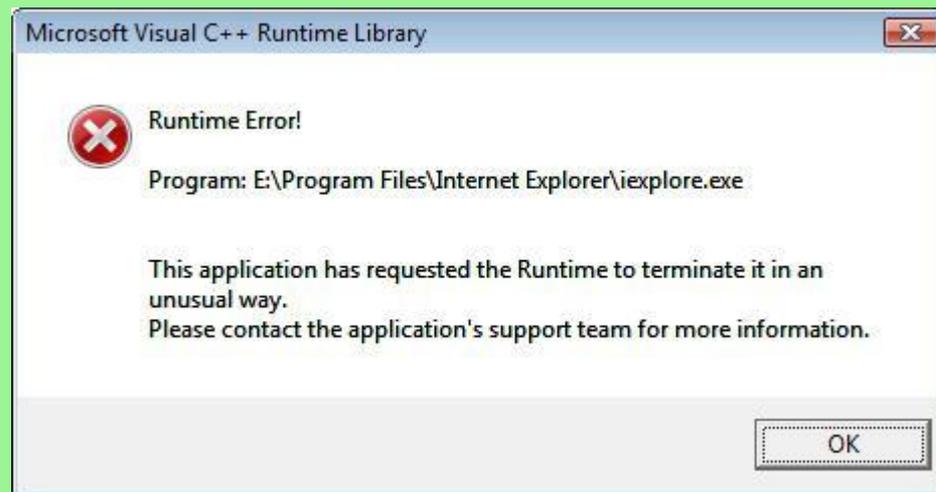
## **RDF5714-1 - Metodologias para a Análise Cinemática do Movimento Humano**

### **Encontro 4**

**Paulo Roberto Pereira Santiago**

## Mensurar o erro do estudo (Acurácia)

- **MATEMÁTICA:**  
valor absoluto da diferença (desvio) entre o valor exato e o valor calculado ou registrado por observação
- **ERRO:** diferença entre o valor supostamente verdadeiro e o valor medido;
- A média dos valores medidos é considerada como o valor mais provável da medida;



- Comparação entre sistemas comerciais:

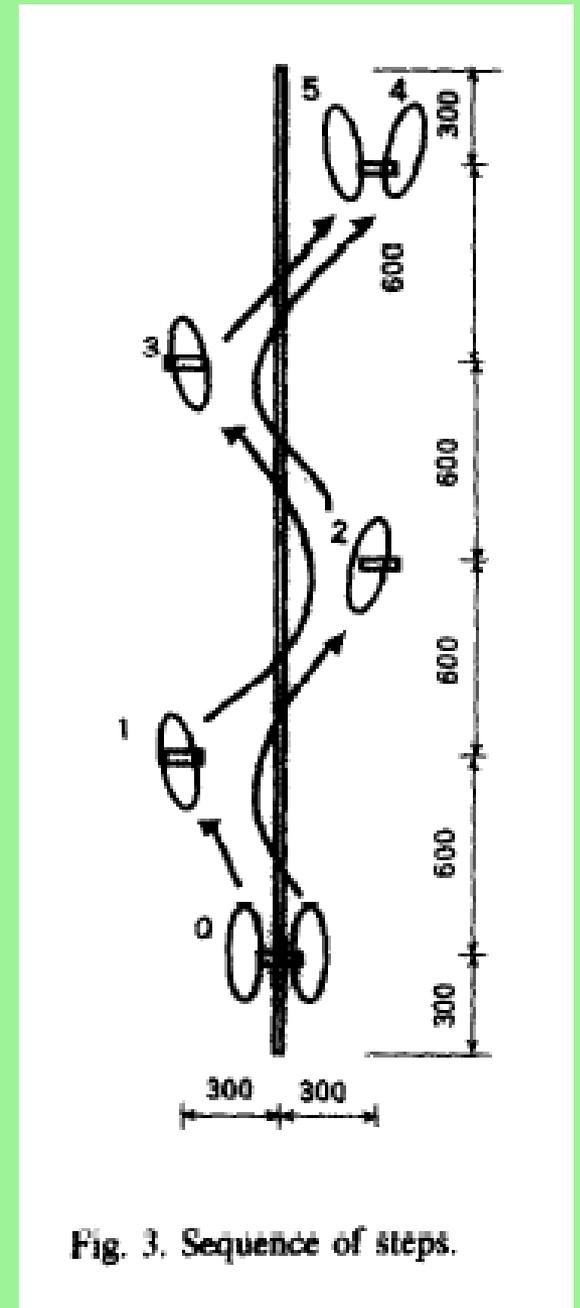
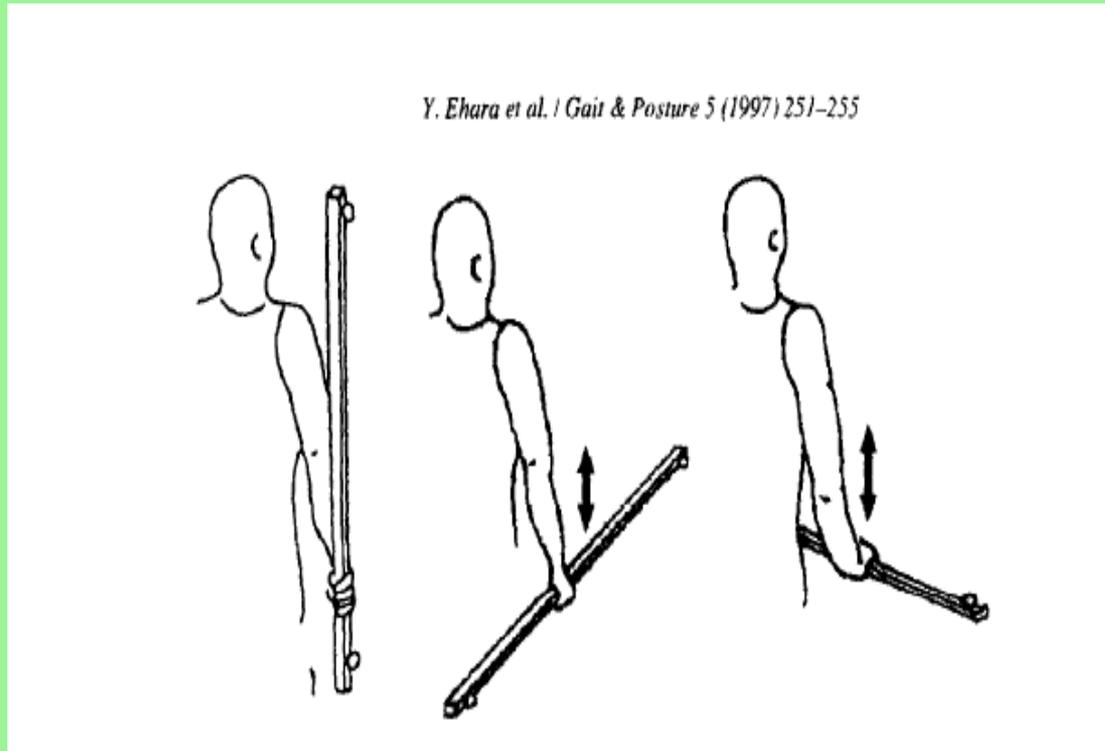


Fig. 3. Sequence of steps.

**Table 1**  
**Performance of 3D camera systems**

System	Marker	No. of cameras	Input device	Sampling frequency (Hz)	Marker ID process	Mean abs. error (mm)	Max error (mm)	S.D. (mm)	Processing time
Ariel APAS	Reflective absorption	2	VTR	60	Auto manual	11.61	13.47/-24.07	5.36	28 min
Dynas 3D/h	Reflective absorption	2	VTR	60	Manual	18.42	27.20/-51.48	0.24	16 min
ELITE PLUS	Reflective	4	CCD	50	Auto	0.53	1.19/-0.96	0.31	47 s
ExpertVision	Reflective	4	CCD	60	Auto	1.14	2.80/-9.42	0.53	26 s
PEAK5	Reflective absorption	2	VTR	60	Auto manual	3.85	8.10/-10.39	2.04	7 min
PRIMAS	Reflective	2	CCD	100	Auto	1.79	4.09/-6.14	0.14	44 s
Quick MAG	Color	2	Color CCD	60	Real time	2.25	8.90/-5.68	0.52	10 s
VICON 140	Reflective	4	CCD	60	Auto	1.60	4.91/-5.96	1.82	1 min
VICON 370	Reflective	6	CCD	60	Auto	0.94	4.37/-8.57	0.39	15 s
Video Locus	Color	2	Color CCD	60	Auto	7.63	24.39/-17.42	2.81	21 s
Video Locus	Reflective	2	CCD	60	Auto	7.73	28.23/-7.19	1.45	37 s

EHARA et al. , 1997)

Nome do Sistema	marcas	Total de marcas	Sensibilidade à luz	Frequência de Amostragem	Resolução	Preço e assistência técnica no Brasil
Optotrak	Ativas	256-512 (sem imagem)	Pouca (ignora interferência de reflexos e luz ambiente)	Até 600 Hz (3D-real time)	0,01mm a 2,25 m de distância da câmera	Não
DVIDEO “Kwon3D”	Passivos e ativos	100000 (com imagem)	Pouca (para campo e laboratório)	Depende da câmera utilizada 60 Hz		SIM

- SELSPOT (Gothenburg, Suécia, 1975): “radicalmente diferente”; modo multiplex (baseado no efeito lateral de diodo) de identificação das marcas (sensores ”PSD”), permite altíssimas frequências de amostragem;

- cada laboratório deve definir suas aplicações e escolher o sistema mais adequado.



V Congresso Internacional de Educação Física e  
Motricidade Humana

XI Simpósio Paulista de Educação Física

# CÁLCULO DE ACURÁCIA EM SISTEMAS DE CINEMETRIA PARA ANÁLISE DO MOVIMENTO HUMANO

Paulo Roberto Pereira Santiago<sup>1,2,3</sup>, Renato de Souza Lima Júnior<sup>1</sup>,  
Fabio Augusto Barbieri<sup>1</sup>, Felipe Arruda Moura<sup>1</sup>, Sergio Augusto Cunha<sup>1,3</sup>

1 - Laboratório de Análises Biomecânicas – UNESP – Rio Claro - SP.

2 – Faculdade de Educação Física – UEMG/FESP – Passos – MG.

3 - Laboratório de Instrumentação para Biomecânica – UNICAMP – Campinas – SP.

## INTRODUÇÃO

### ACCURACY

exatidão, pontualidade, precisão, retidão. accuracy of work exatidão do trabalho (de homem). working accuracy precisão do trabalho (de máquinas). accuracy to shape exatidão das medidas (do molde) accuracy to size exatidão das medidas.

### ACURADO

esmerado, caprichado, apurado, meticuloso. Ex: Uma análise acurada dos fatos; um trabalho acurado. A: desleixado.

# Acurácia em cinemetria

- A acurácia em cinemetria (método da biomecânica que estuda posição e orientação dos segmentos corporais) é um conceito utilizado para avaliar o erro experimental do estudo.
- Um experimento muito acurado apresenta um elevado grau de concordância entre o resultado obtido e fenômeno investigado (VUOLO 1996).

# INTRODUÇÃO

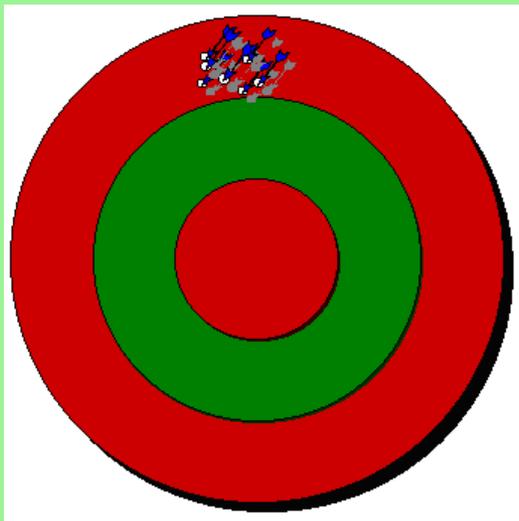
## **Erro aleatório (Precisão)**

- Grau de concordância entre repetidas medidas da mesma propriedade.
- “O erro aleatório é proveniente de flutuações aleatórias nas medições que são impossíveis de serem eliminadas.

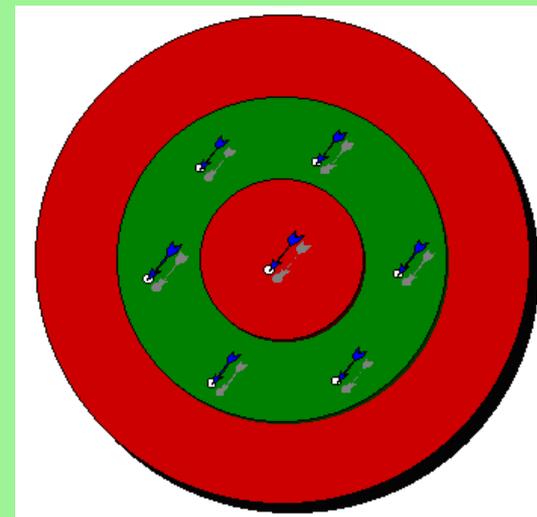
## **Erro sistemático (Exatidão, bias ou viés)**

- Grau de concordância entre o valor médio obtido de uma série de resultados de testes e um valor de referência aceito.
- “O erro sistemático assume o mesmo valor e se for detectado pode ser eliminado ou reduzido.”

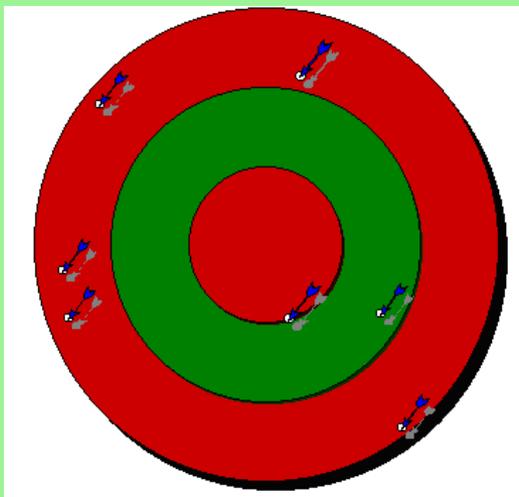
# Precisão (p) e *bias* (b)



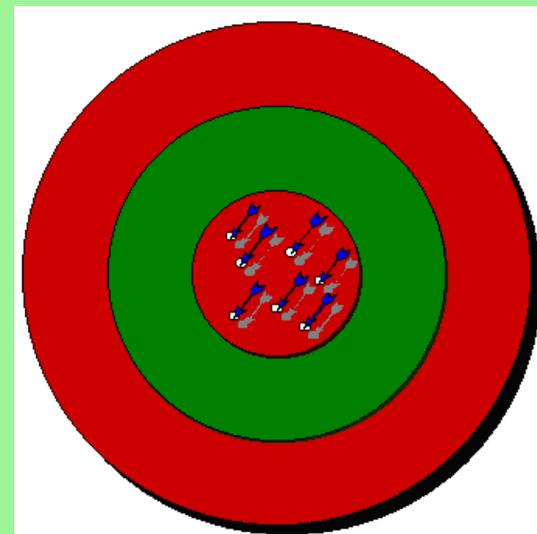
p ↑  
b ↓



p ↓  
b ↑



p ↓  
b ↓



p ↑  
b ↑

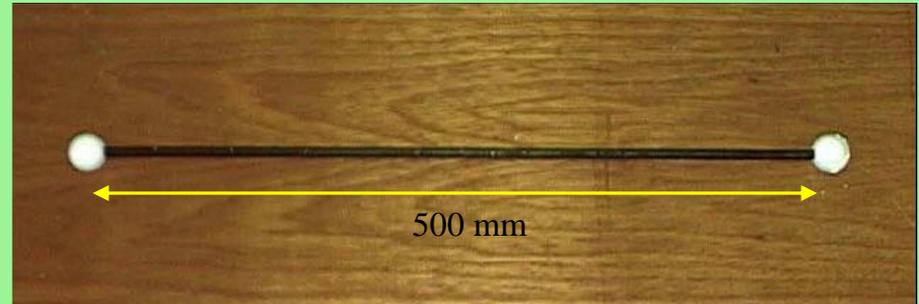
# OBJETIVO

Determinar a acurácia em um sistema de análise do movimento humano.



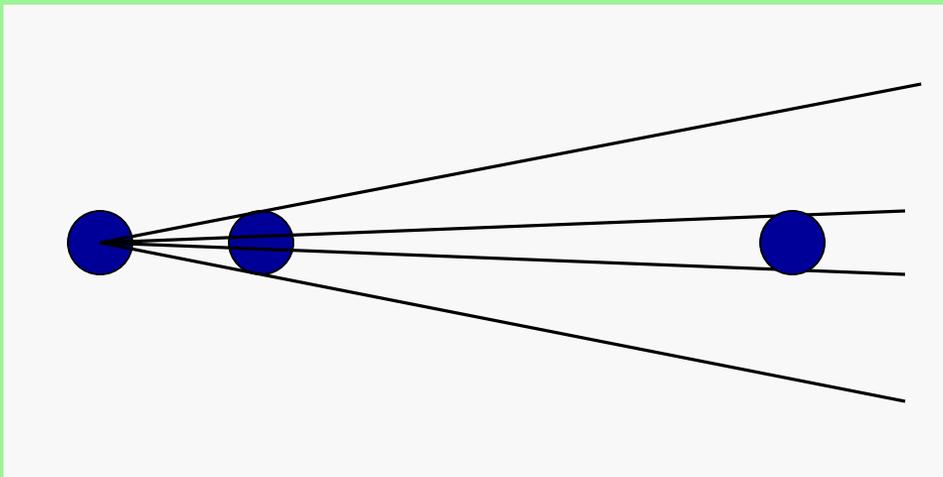
## Forma de determinar a acurácia

Haste rígida (objeto que não apresente fácil deformação)

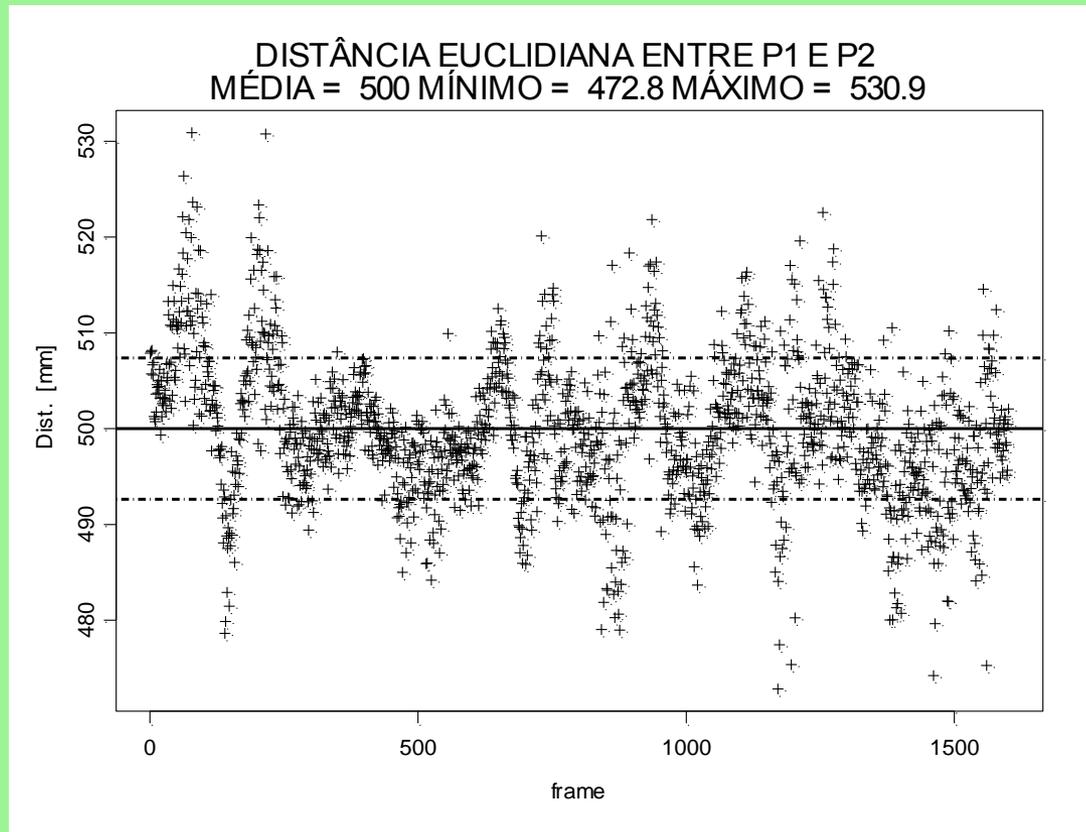


Marcadores = utilizados na coleta de dados (forma, tamanho, cor etc.)

Menor distância entre os marcadores (acurada)



Distância próxima a menor distância entre dois marcadores utilizados no coleta de dados



$$m(i) = \sqrt{(x2(i) - x1(i))^2 + (y2(i) - y1(i))^2 + (z2(i) - z1(i))^2}$$

## Formulação

$$p = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (m(i) - \bar{m})^2}$$

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |v - m(i)|$$

$$a = \sqrt{b^2 + p^2}$$

Medida da dispersão dos valores medidos ( $m$ ) em relação ao seu valor médio (desvio-padrão dos valores medido)

Medida da dispersão dos valores medidos ( $m$ ) em relação ao valor real ( $v$ )

Quanto menor for o valor encontrado de precisão e *bias* mais acurado serão os dados obtidos.

*bias* = 5.6 mm

precisão = 7.3 mm

acurácia = 9.3 mm

→ O valor de acurácia verificado no teste foi aceitável, tendo em vista que o mesmo foi menor que o raio dos marcadores utilizados nos participantes durante a coleta (25 mm) e pela ordem de grandeza do fenômeno investigado.

→ Sugere-se que a verificação da acurácia seja sempre realizada como uma forma de determinação do erro do experimento, permitindo assim uma interpretação segura dos dados obtidos.

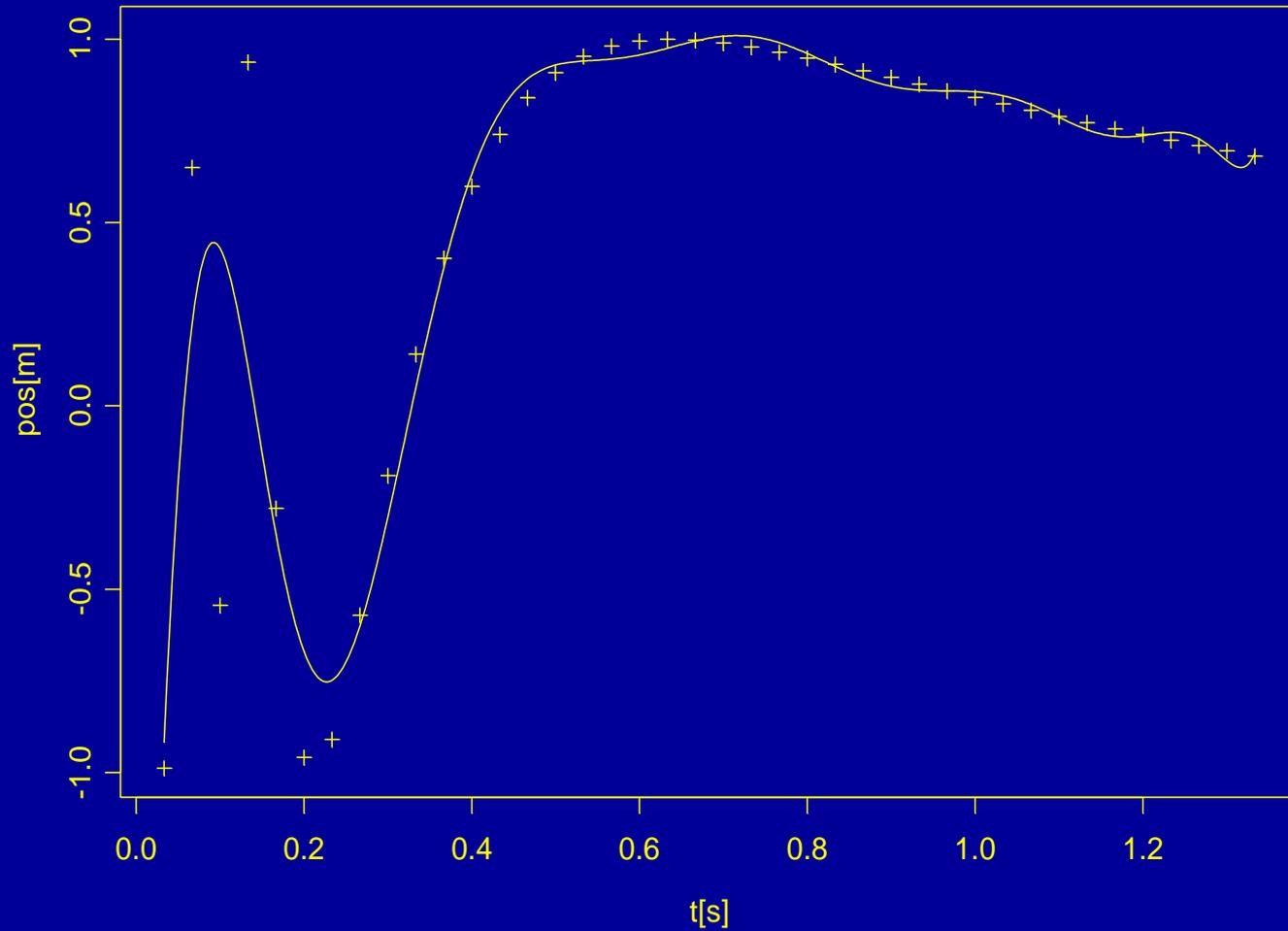
## Suavização, Filtro, Ajuste...

- O movimento humano se apresenta de forma suave e contínua. Porém, no processo de reconstrução tridimensional, obtêm-se dados discretos em função do tempo, sendo assim, torna-se necessária a suavização destes. A suavização é também um filtro que separa o sinal dos ruídos, minimizando os erros que estão embutidos em todas as pesquisas de caráter quantitativo (SANTIAGO & CUNHA, 2005).

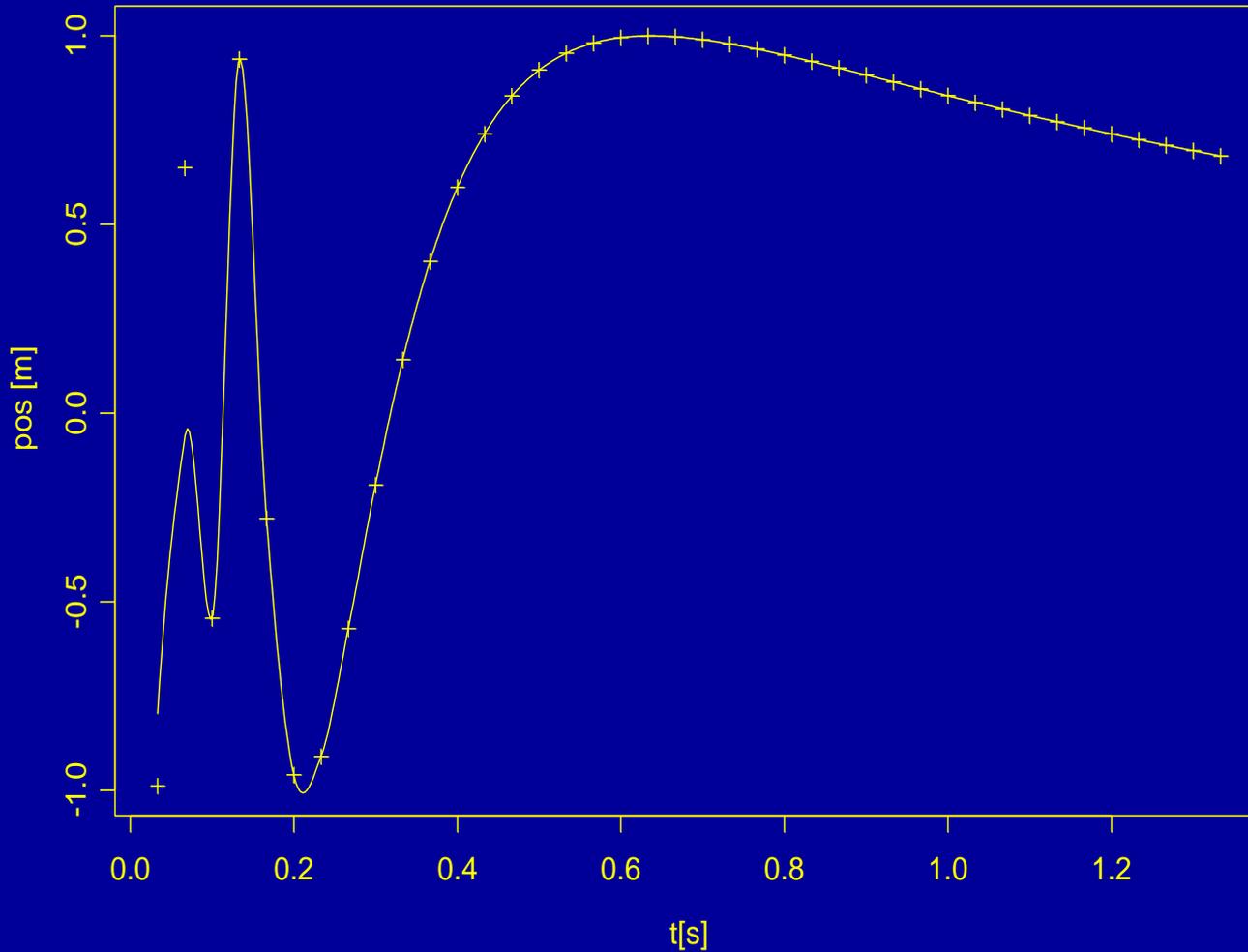
## Robust loess

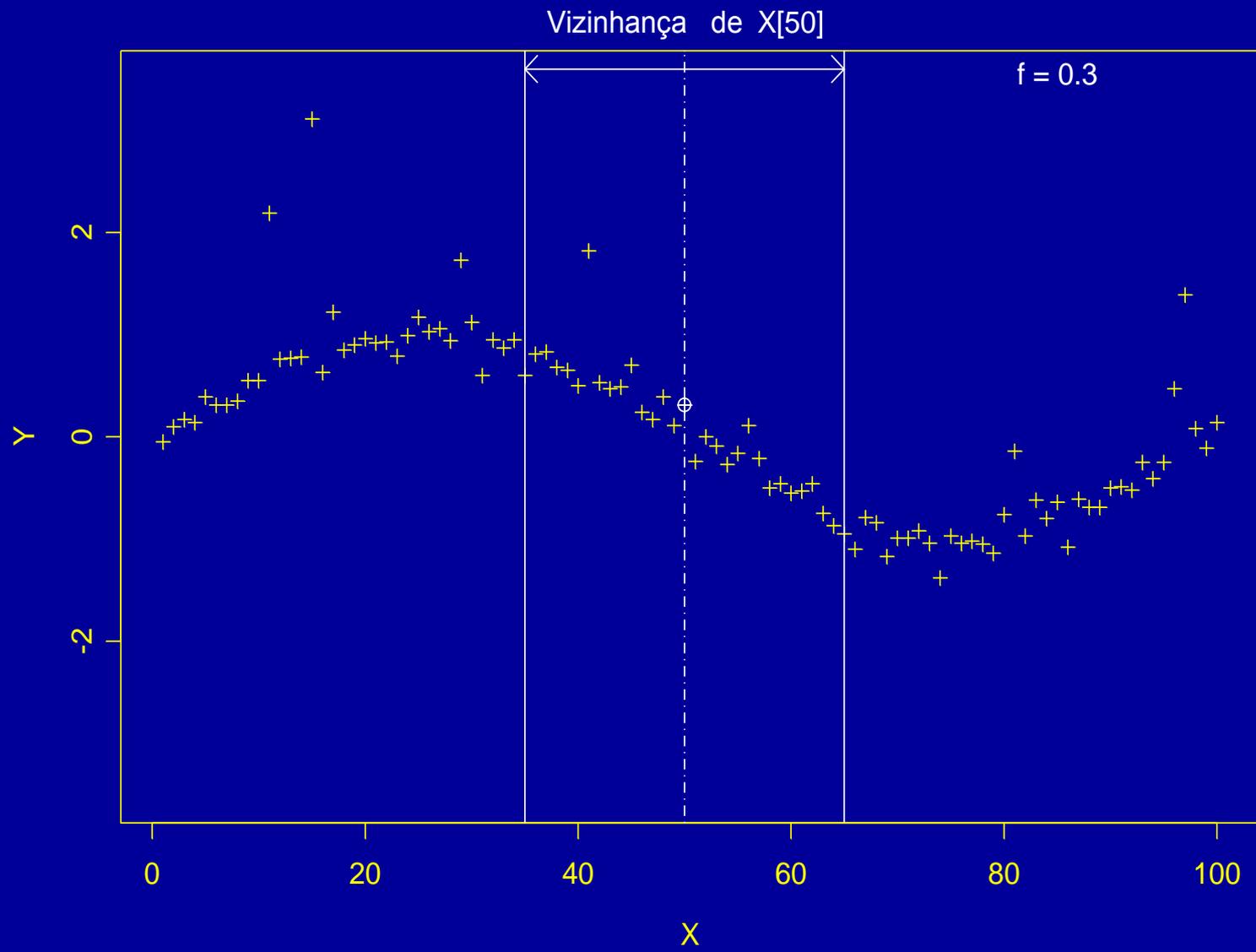
- A função *rloess* mostra-se adequada a este tipo de análise por ter um ajuste não paramétrico, ou seja, não leva em conta a existência de um modelo para este tipo de movimento, fazendo assim com que a sua forma seja referente ao conjunto dos dados apresentados. Essa função também é robusta, ou seja, não permite que os valores discrepantes (*outliers*) influenciem na curva, além de ser local, porque trabalha em partes (janelas) do conjunto de dados. É ponderada, pois atribui valores maiores aos dados mais próximos e valores menores aos dados distantes, dando valores iguais a zero aos pontos fora da janela do ponto a ser suavizado.

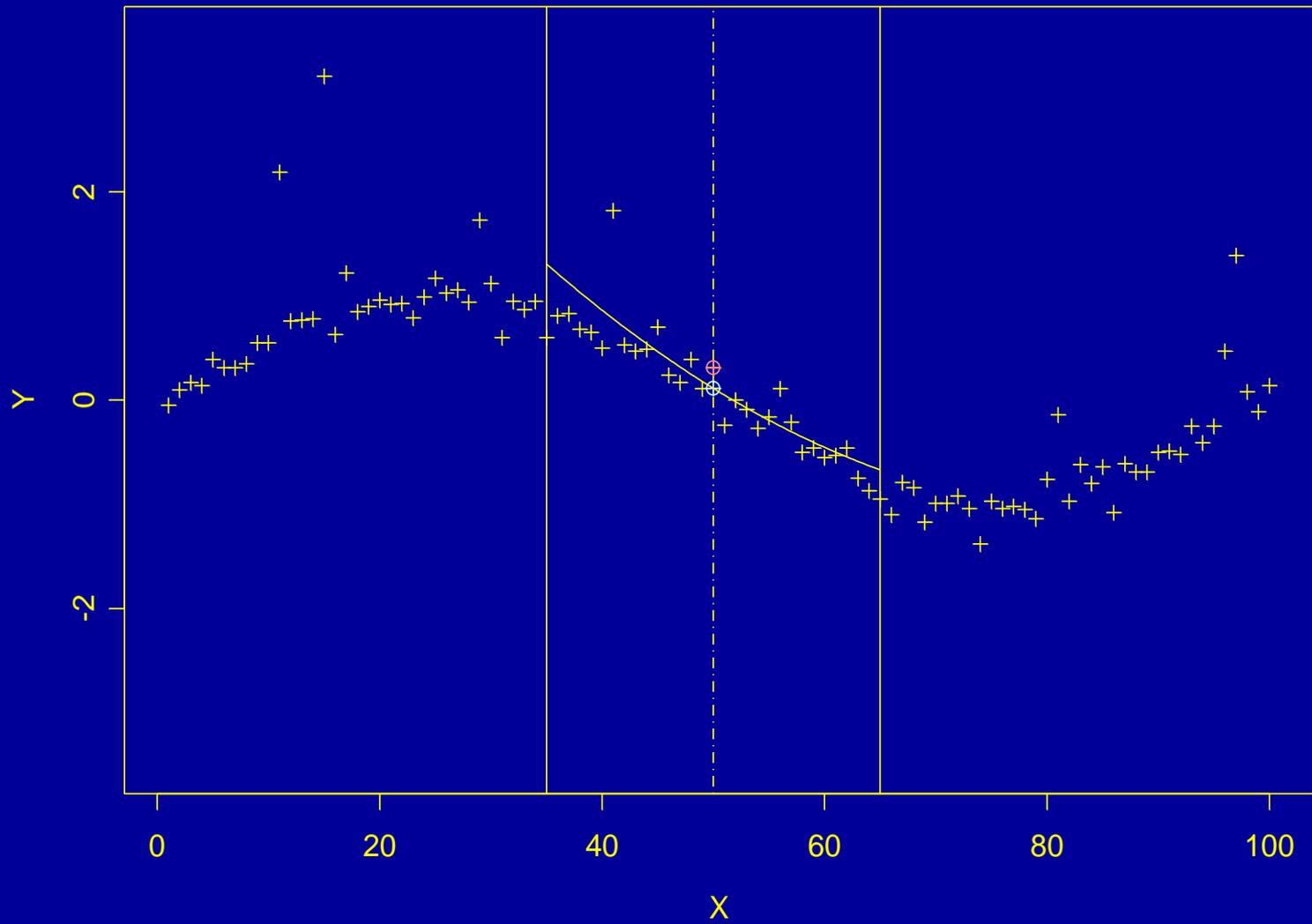
# Ajuste polinomial (grau 12)

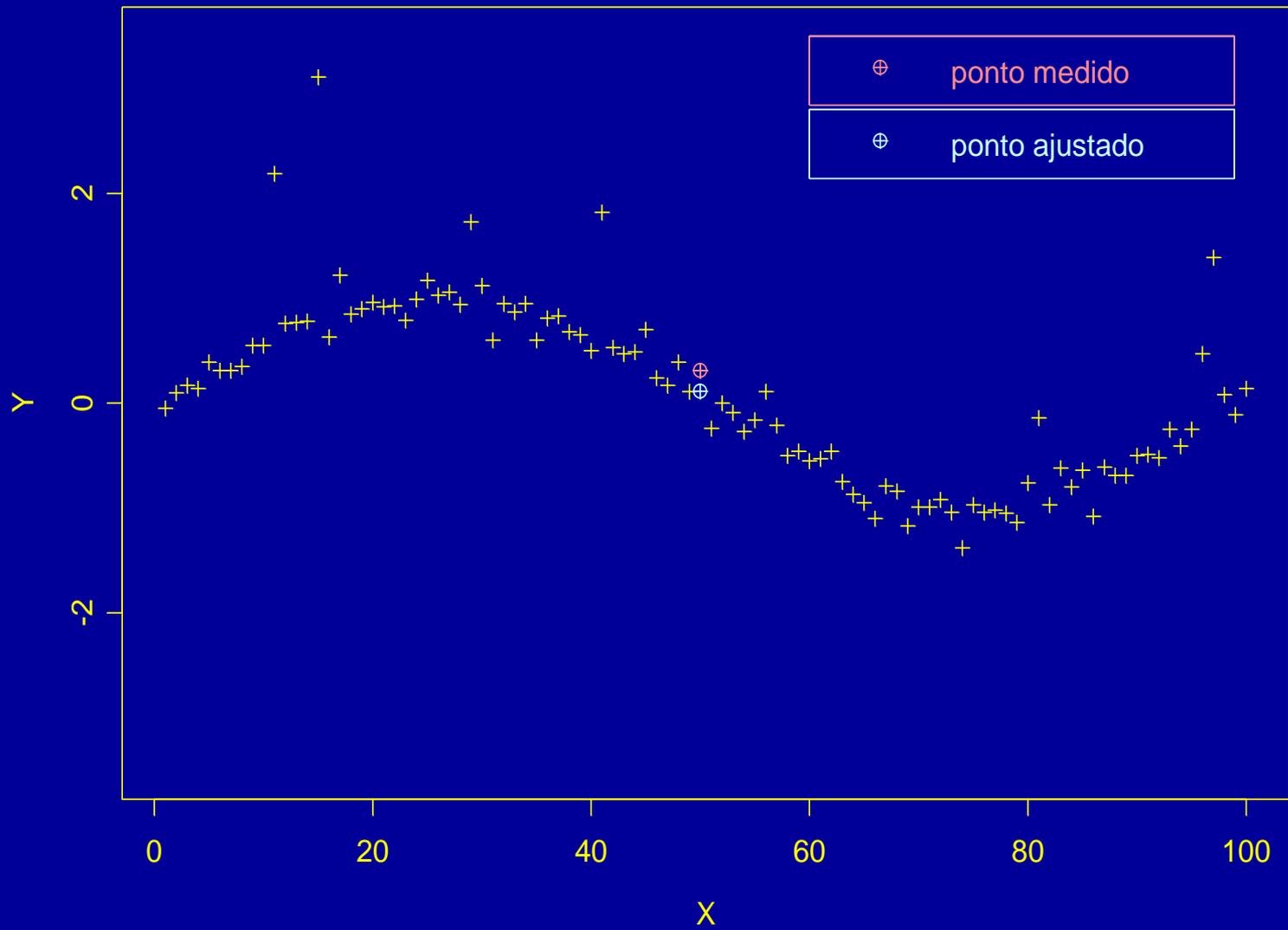


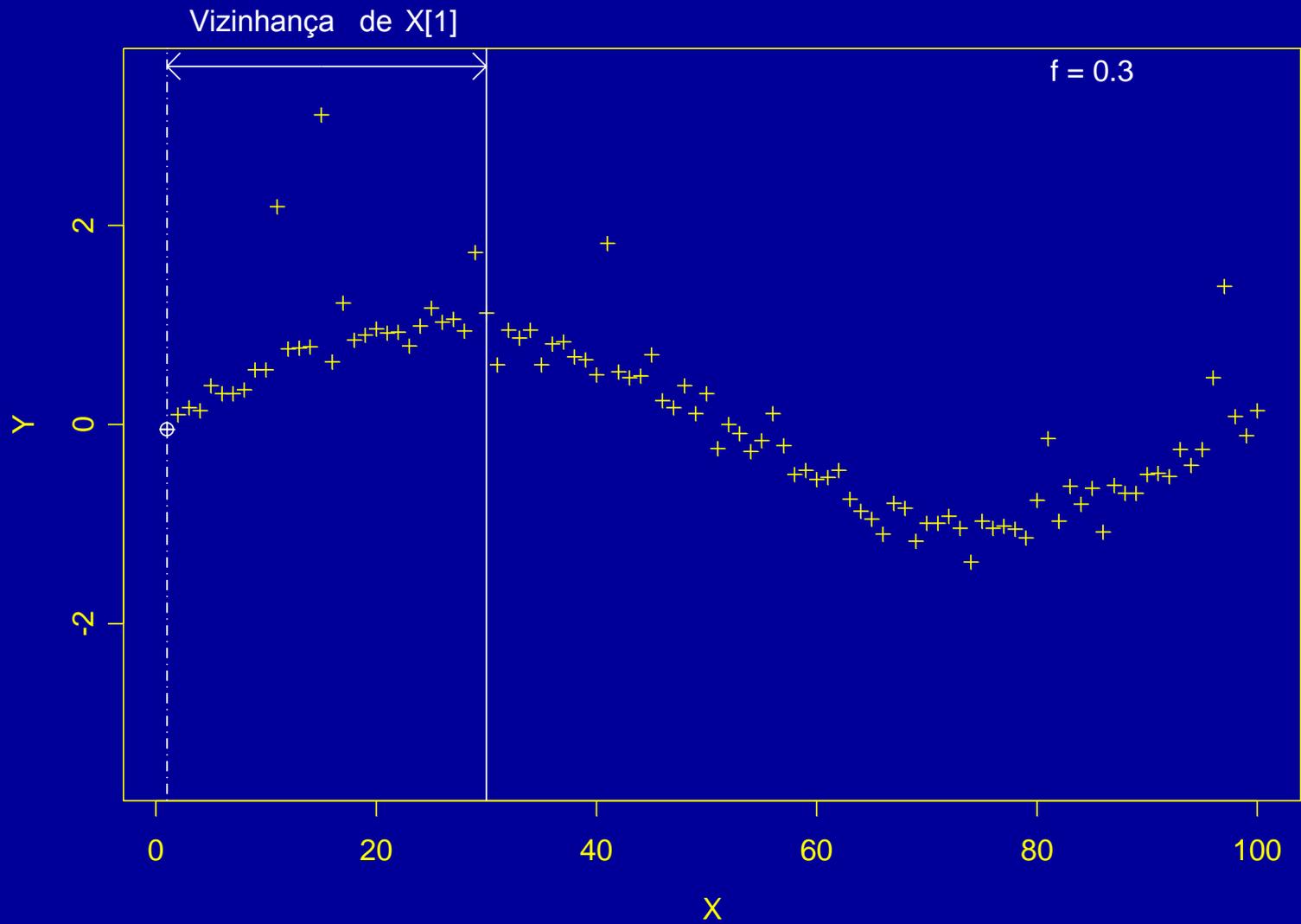
# Ajuste não paramétrico (loess)

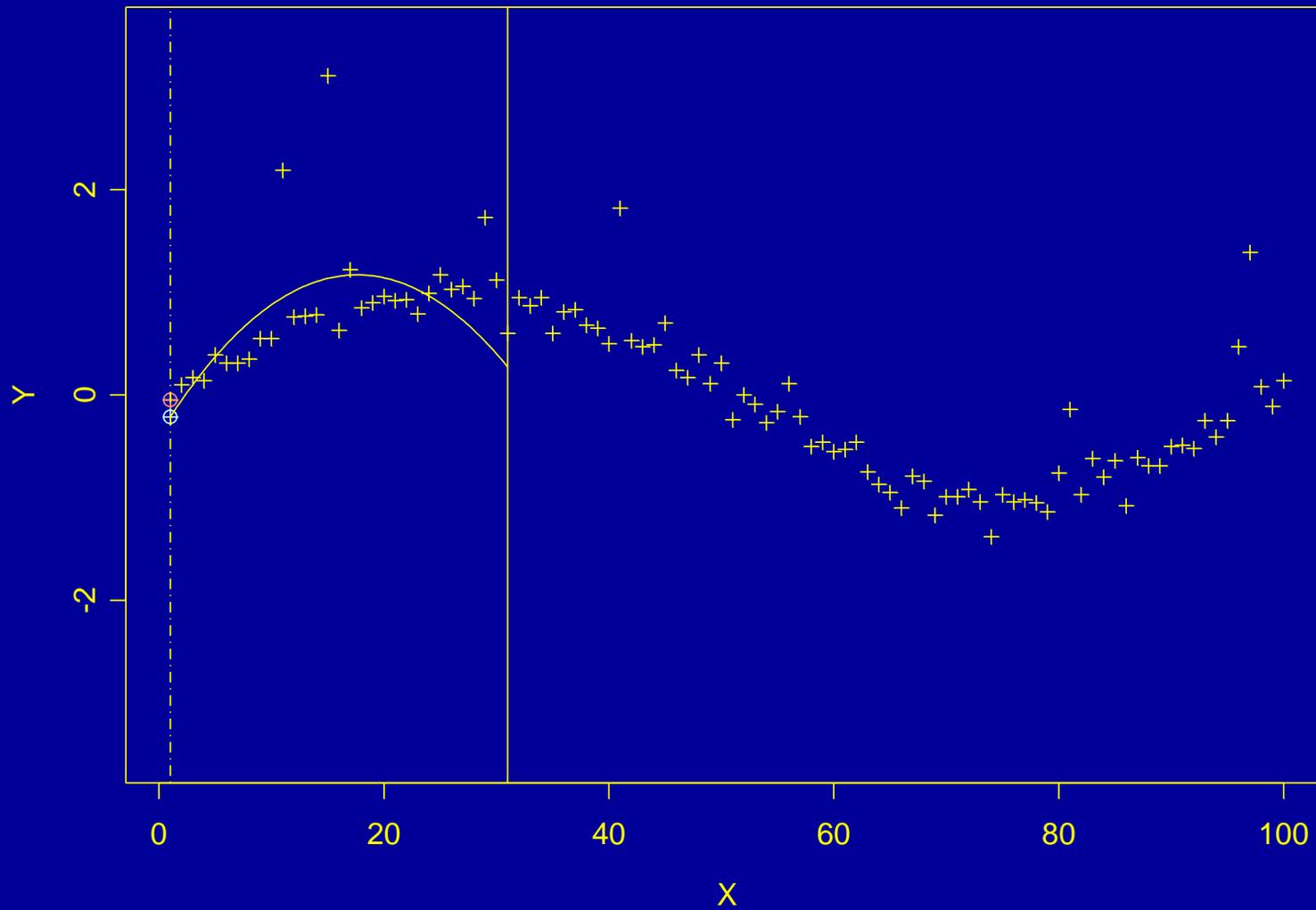


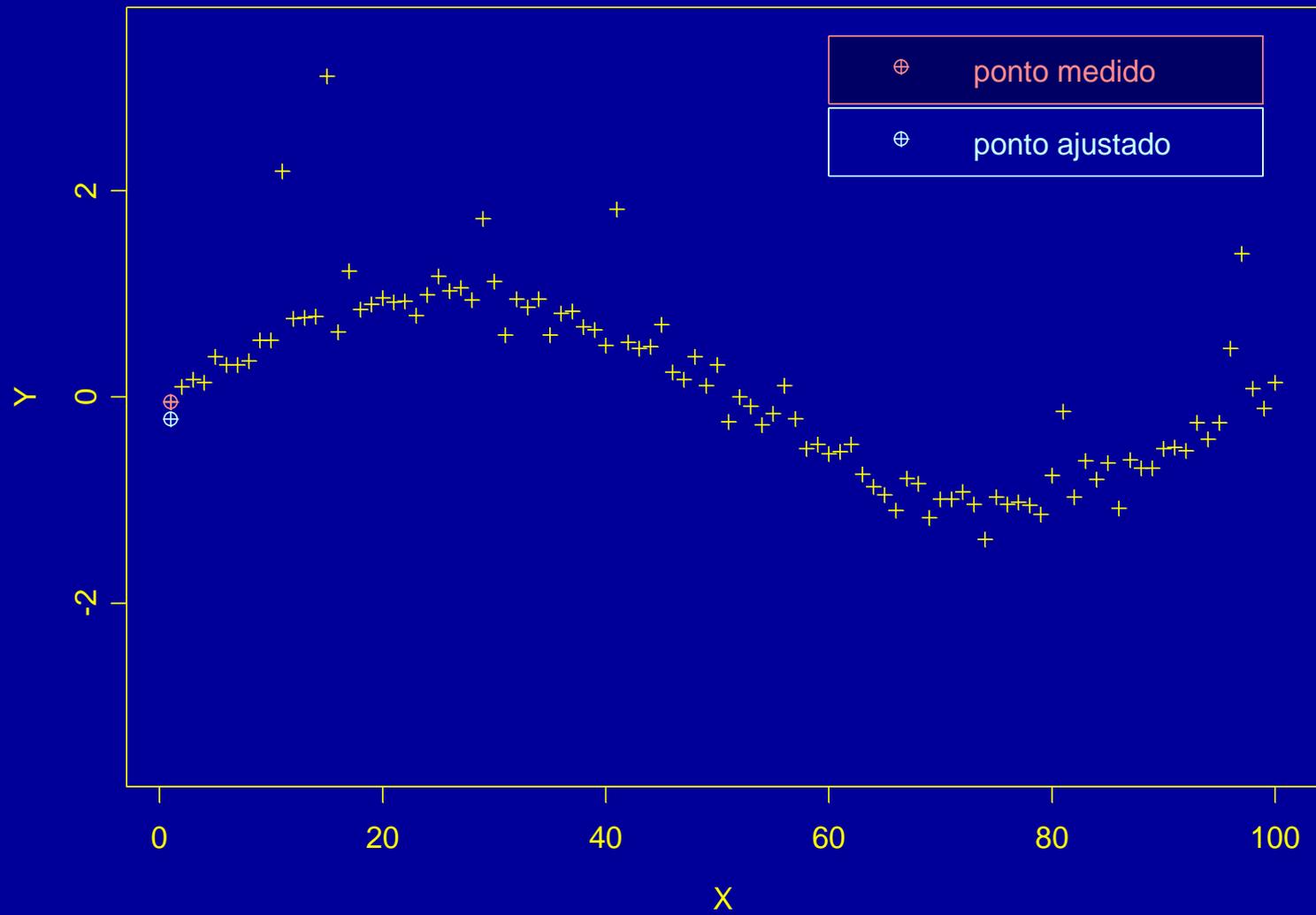


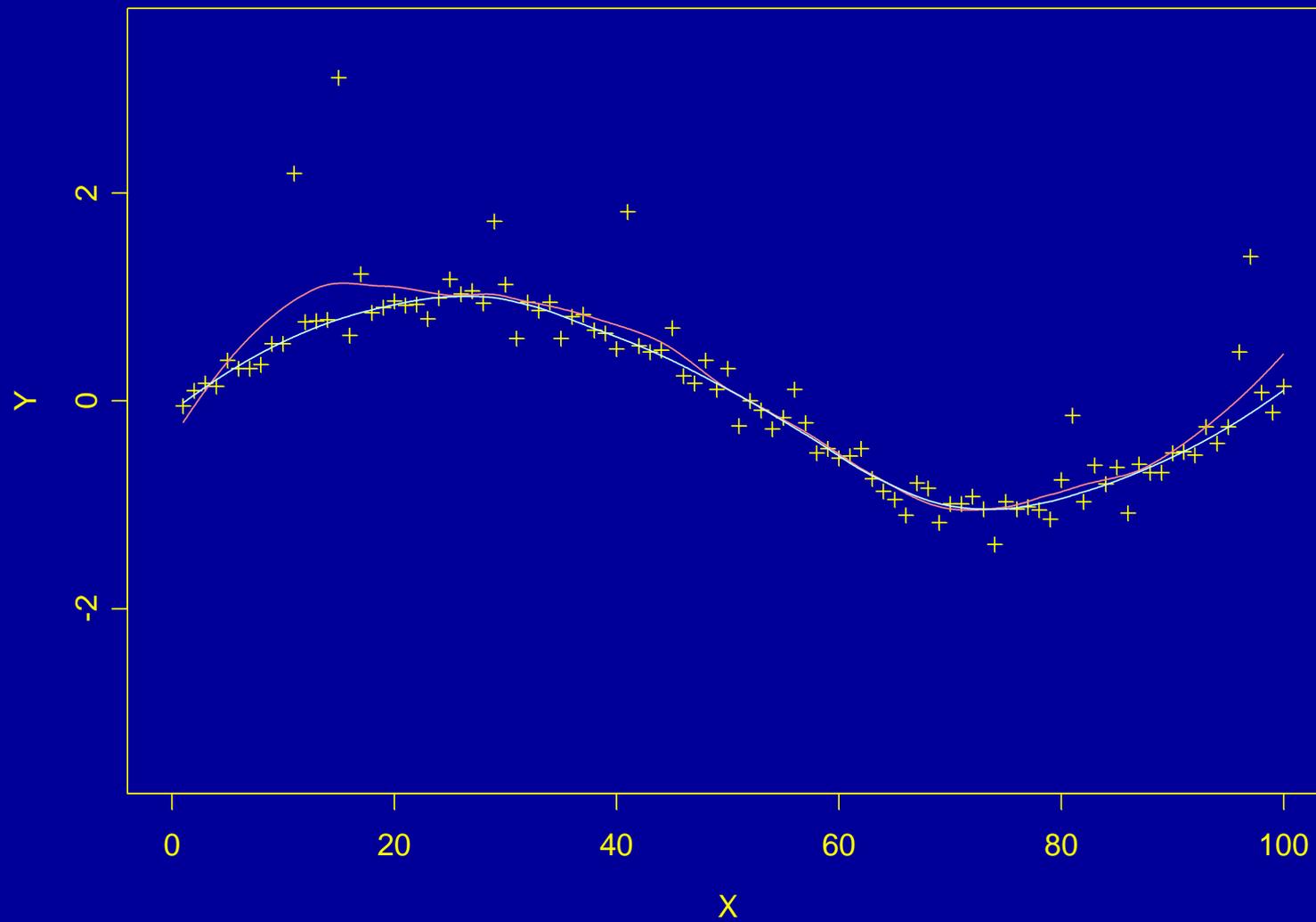








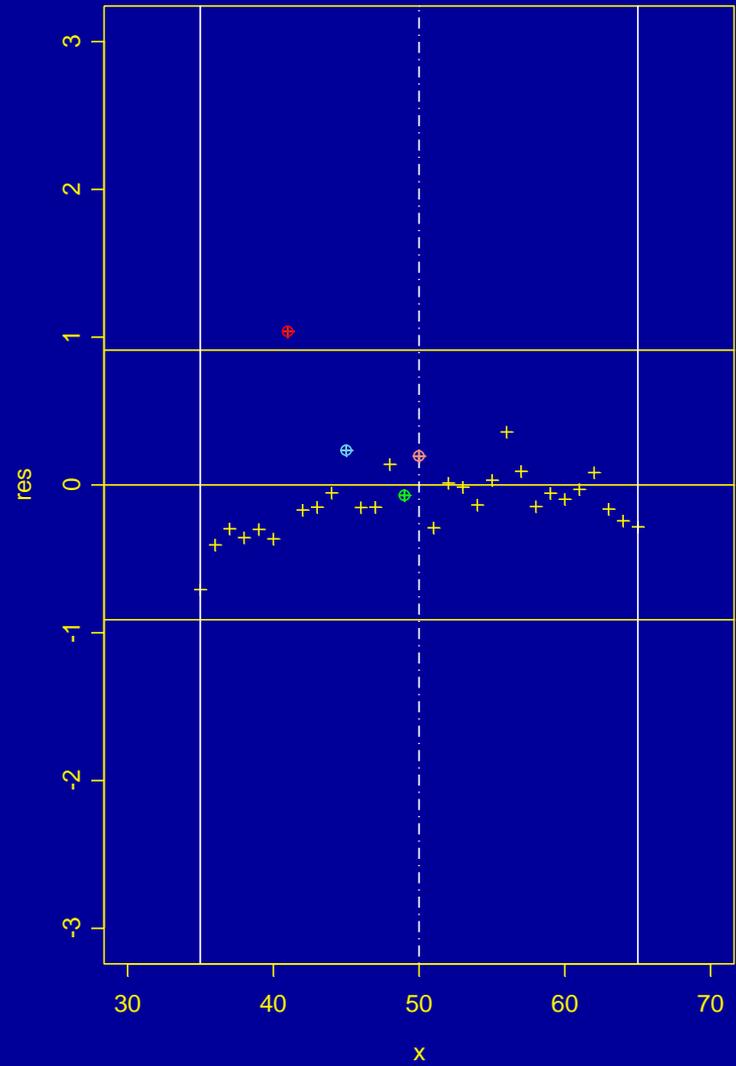
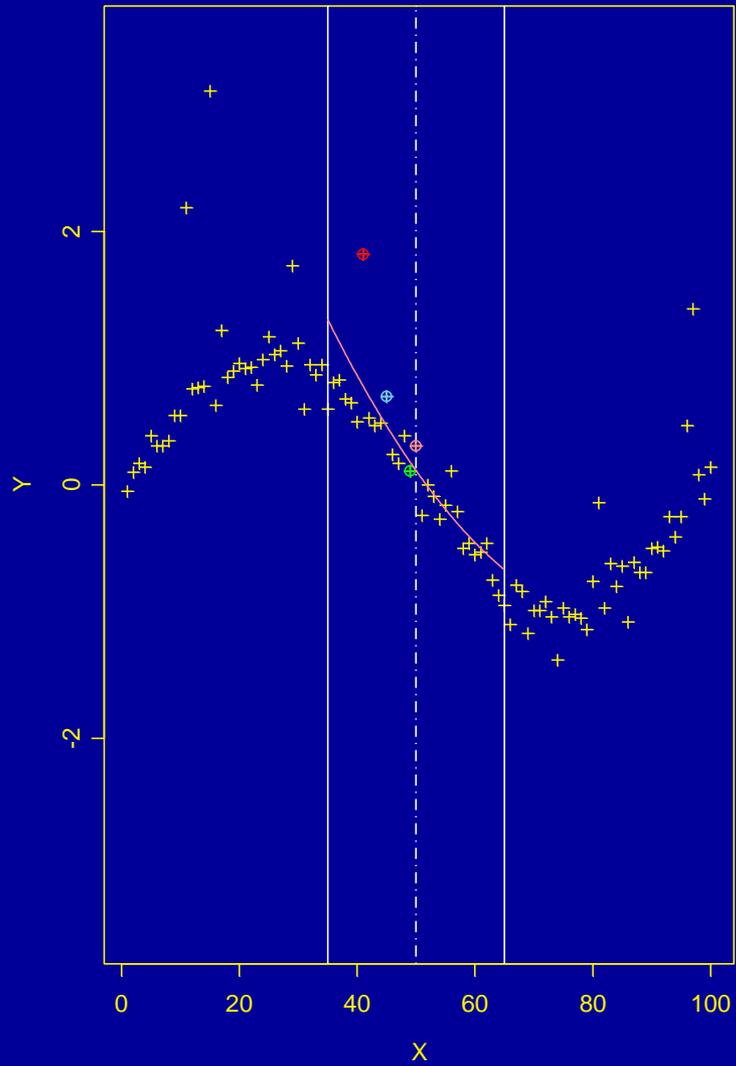




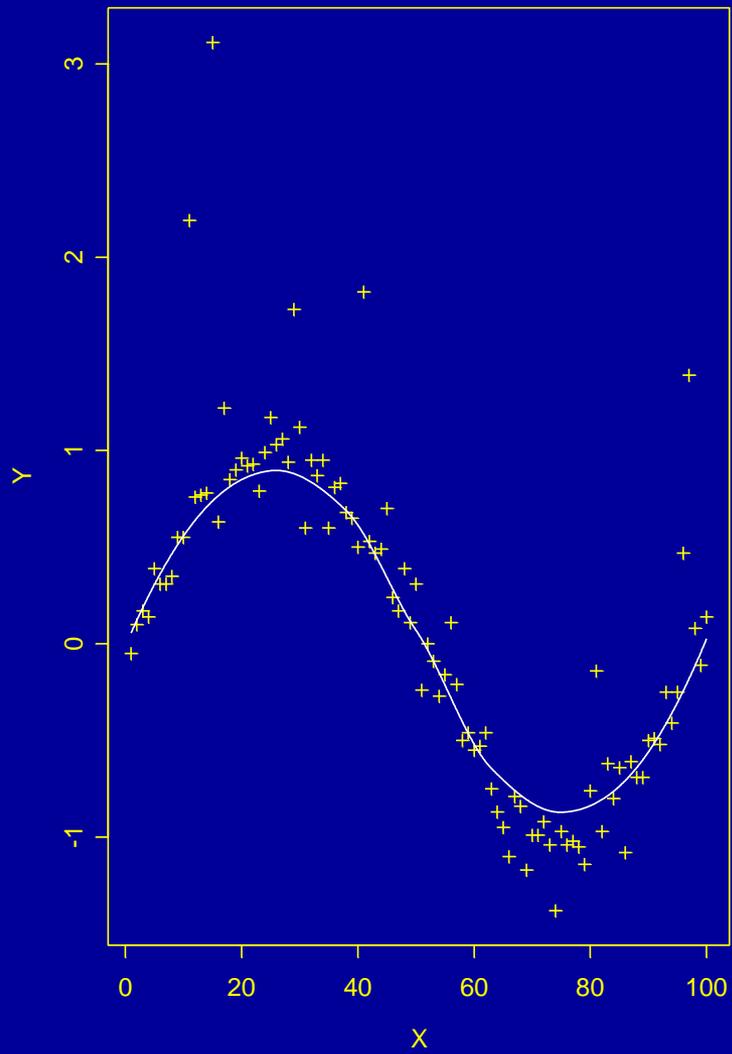
## DESLOCAMENTO DA JANELA

- \* janelas assimétricas nas extremidades;
- \* simetria aparece a partir do ajuste do ponto que possui igual número de vizinhos nos 2 lados;
- \* ponderação tricúbica corrige (pesos bem pequenos para dados muito distantes).

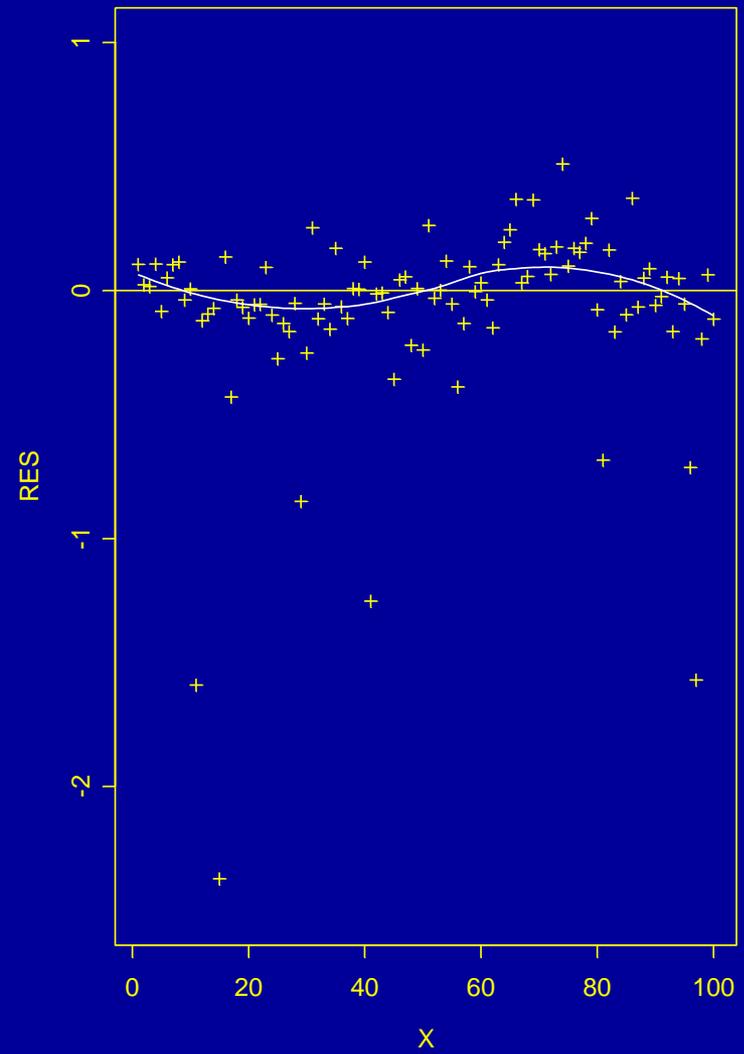
# Resíduo



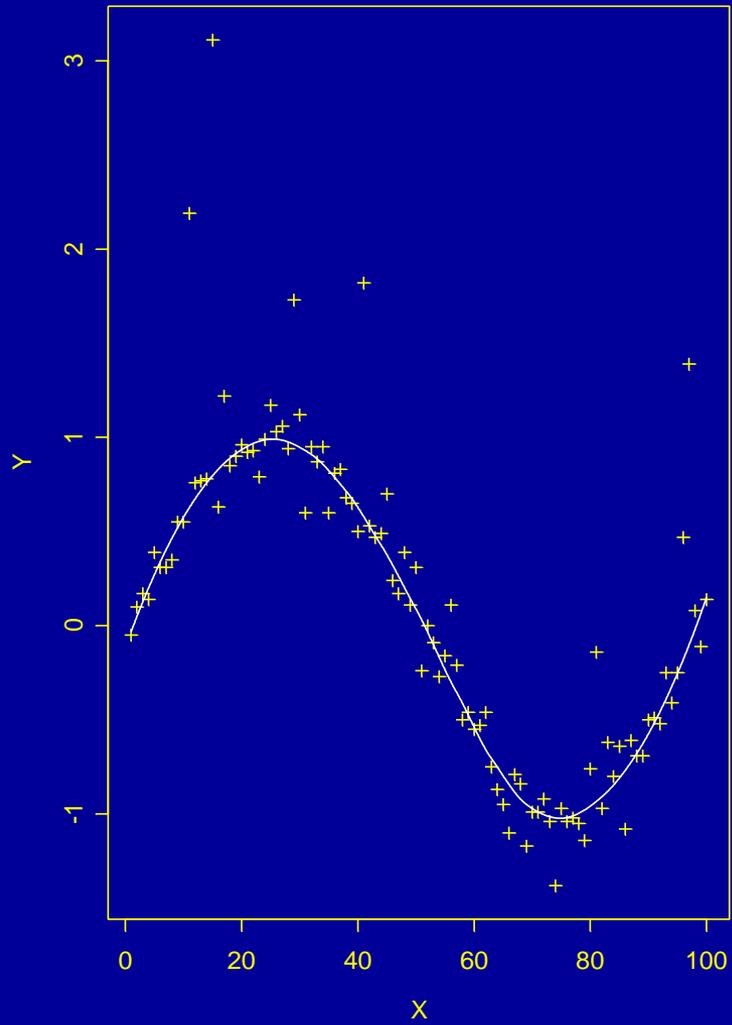
AJUSTE COM  $F = 0.8$



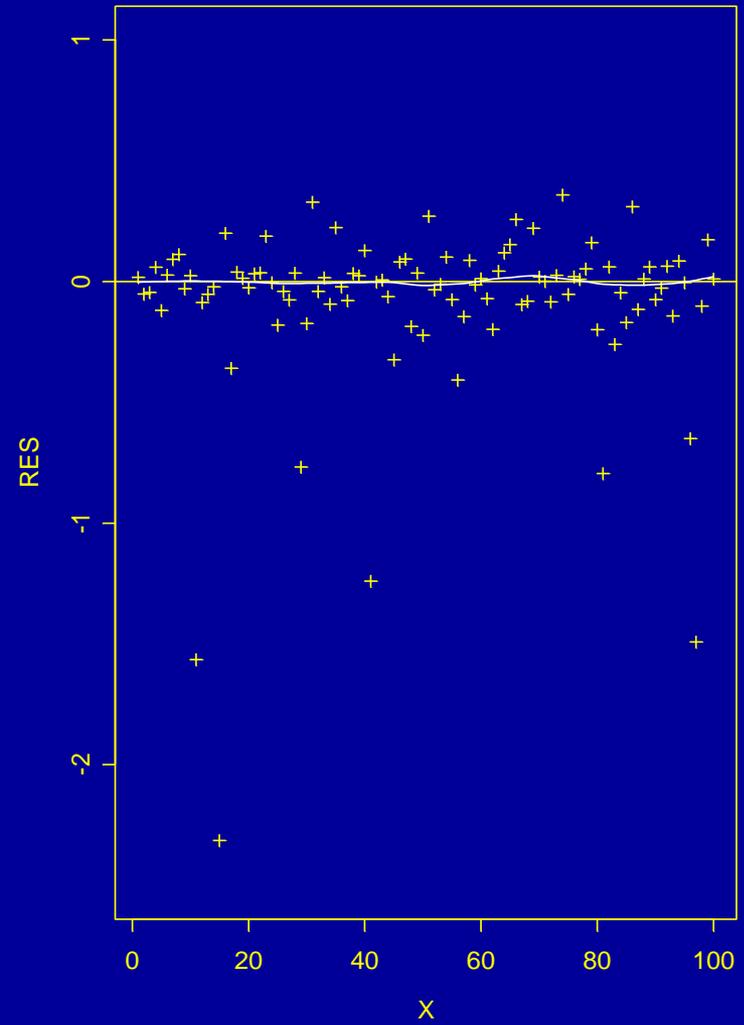
RESÍDUOS



AJUSTE COM  $F = 0.5$



RESÍDUOS



Vamos trabalhar!

- Matlab
- Suavizar e calcular o erro de medida (3D)