



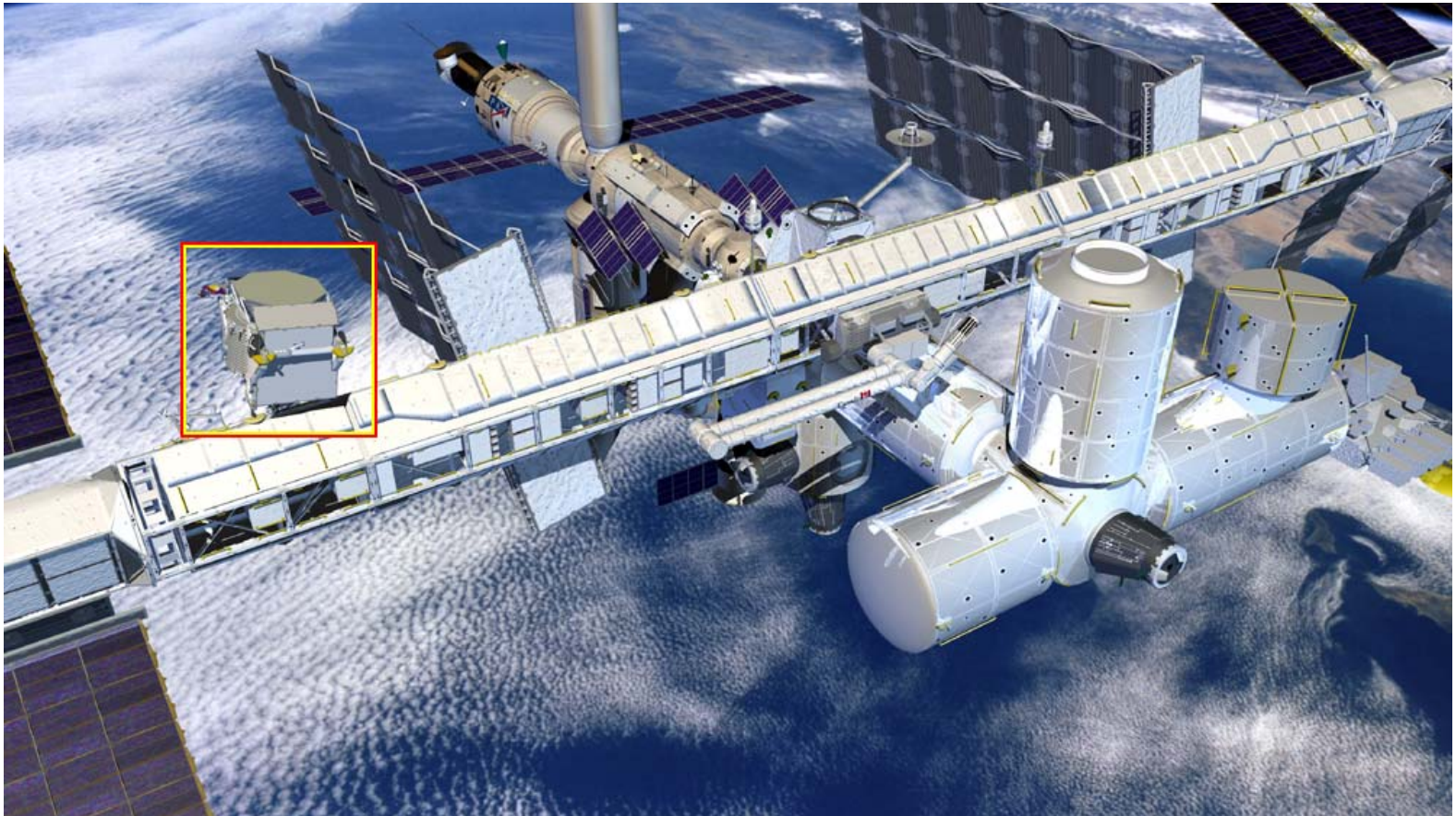
Determinação da carga eléctrica com detectores de cintilação

*Luísa Arruda, Fernando Barão, João Borges,
Patrícia Gonçalves, Rui Pereira*

(LIP - Lisboa)

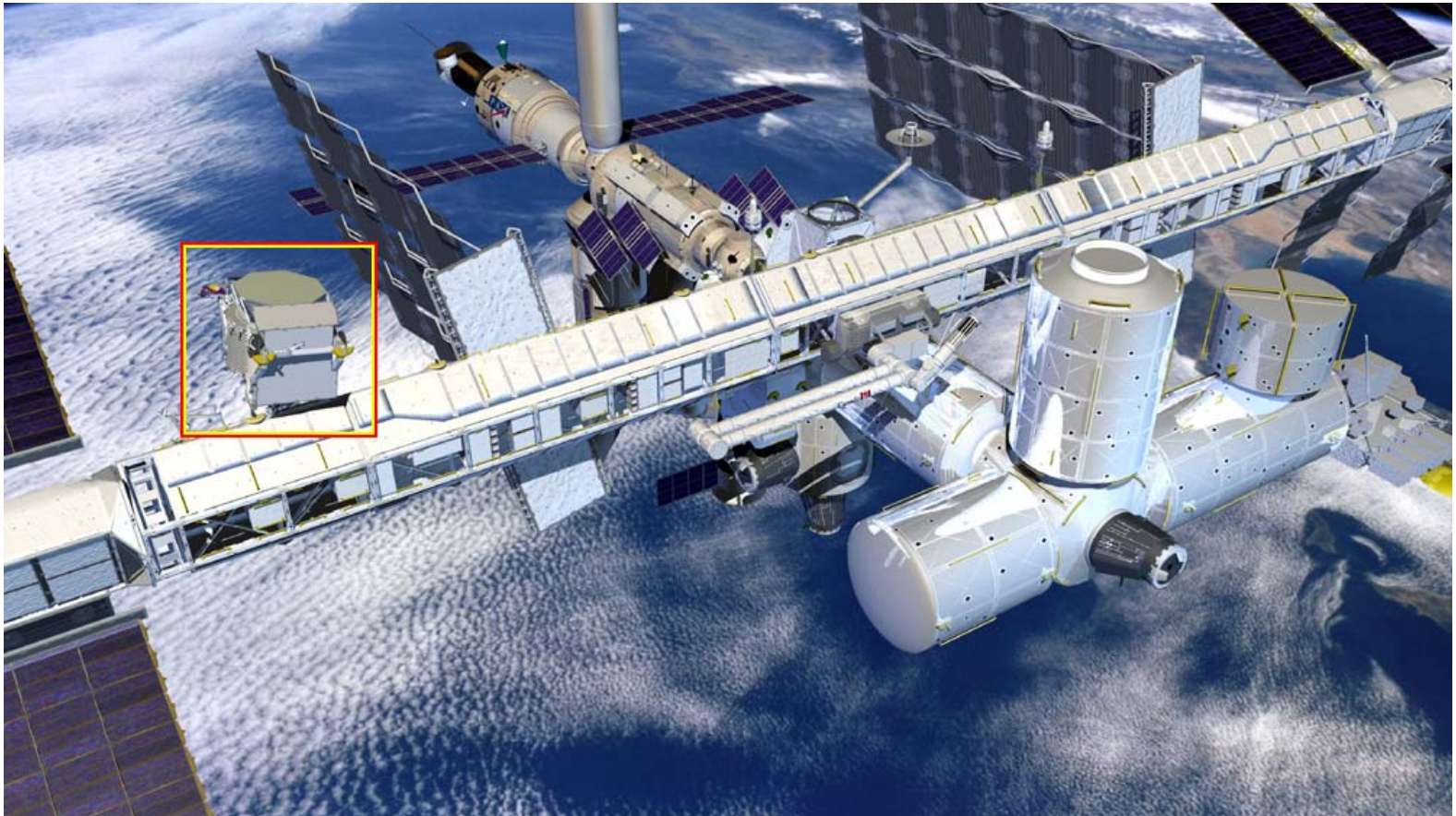
A experiência AMS

- **AMS** (Alpha Magnetic Spectrometer) é uma experiência que resulta de uma larga colaboração internacional e visa a detecção de **raios cósmicos primários** no espaço



A experiência AMS

- A instalação de AMS na Estação Espacial Internacional está prevista para 2007
- Tempo de operação no espaço: 3 a 5 anos



A experiência AMS

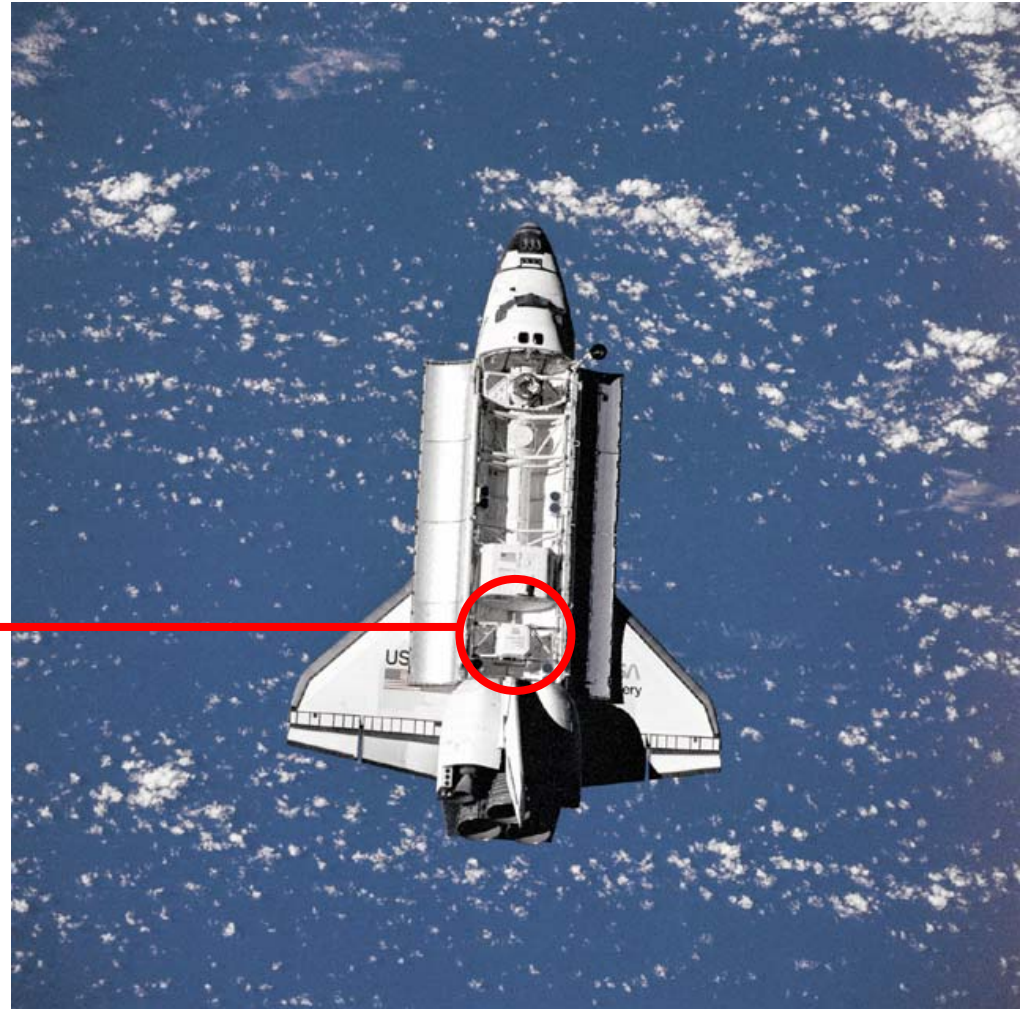
- Principais objetivos:
 - ◆ Estudo detalhado do espectro dos raios cósmicos
 - ★ *O volume de dados recolhido por AMS será muito superior ao de qualquer experiência anterior*
 - ◆ Pesquisa da existência de anti-núcleos
 - ★ *A sua presença nos raios cósmicos pode indicar a existência de regiões do Universo constituídas por anti-matéria*
 - ◆ Pesquisa de matéria escura
 - ★ *A detecção de eventuais anomalias nos espectros de positrões e anti-prótons pode contribuir para a identificação dos constituintes da matéria escura*

A experiência AMS

1ª FASE

AMS I - 1998

Voo de teste
10 dias

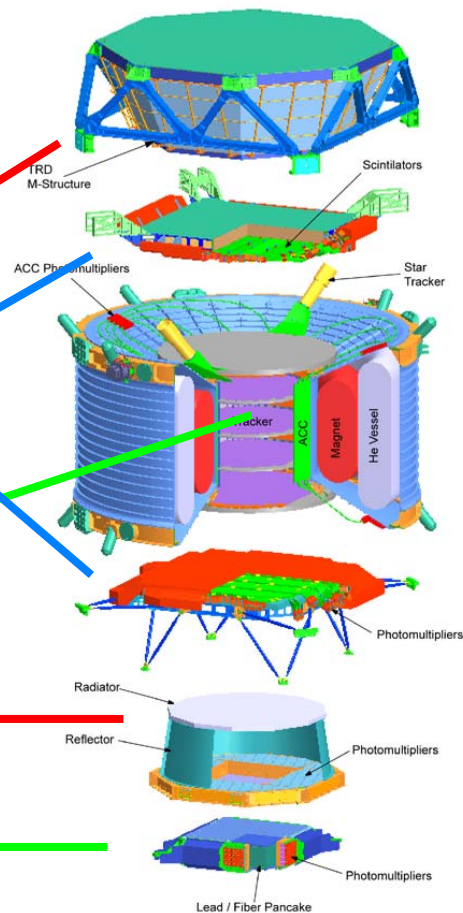


A experiência AMS

AMS II compõe-se de vários sub-detectores:

- ◆ *Detector de radiação de transição (TRD);*
- ◆ *Detector de tempo de voo (TOF) – inclui cintiladores;*
- ◆ *Detector de traços (Tracker);*
- ◆ *Detector de anéis de Cherenkov (RICH);*
- ◆ *Calorímetro electromagnético (EMC).*

AMS experiment



TRD:
Transition
Radiation
Detector

TOF: (s1,s2)
Time of Flight
Detector

MG:
Magnet
TR:
Silicon Tracker
ACC:
Anticoincidence
Counter

AST:
Amiga Star
Tracker

TOF: (s1,s2)
Time of Flight
Detector

RICH:
Ring Image
Cherenkov Counter

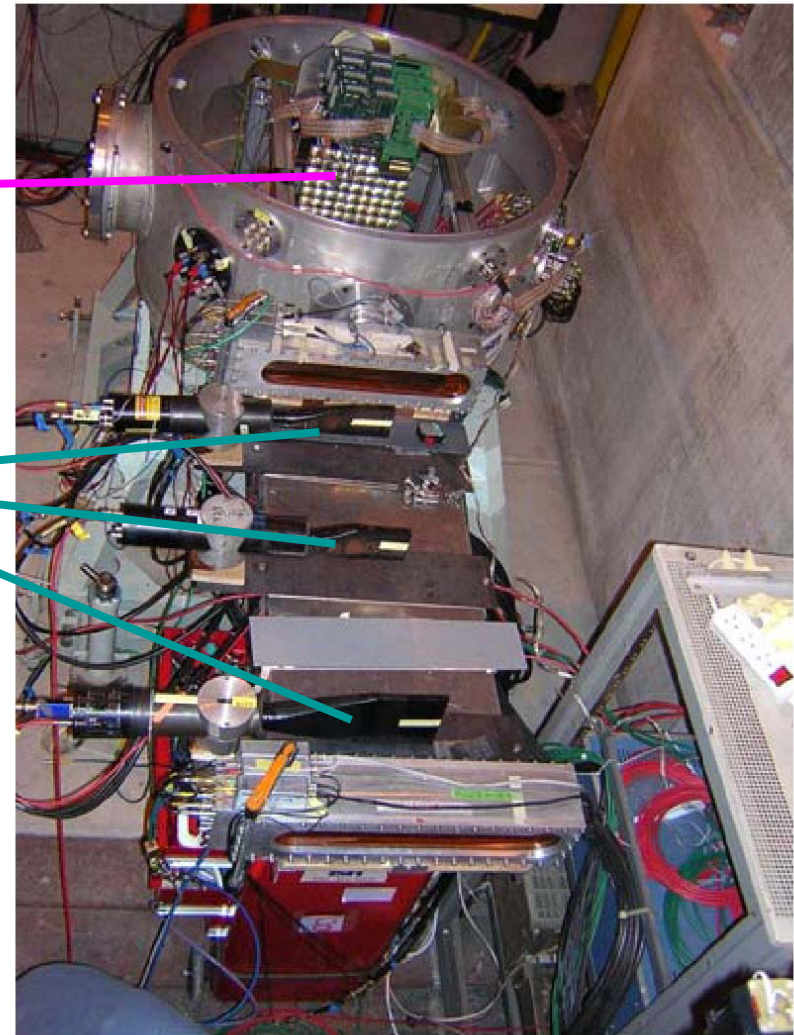
EMC:
Electromagnetic
Calorimeter

Teste de feixe

RICH

Cintiladores orgânicos
e contador Cherenkov

- Teste realizado no **CERN** em Outubro de 2003 com um protótipo do detector
- Feixe de iões obtido a partir de feixe primário de índio (**Z=49**) com **158 GeV/nucleão**



↑
feixe

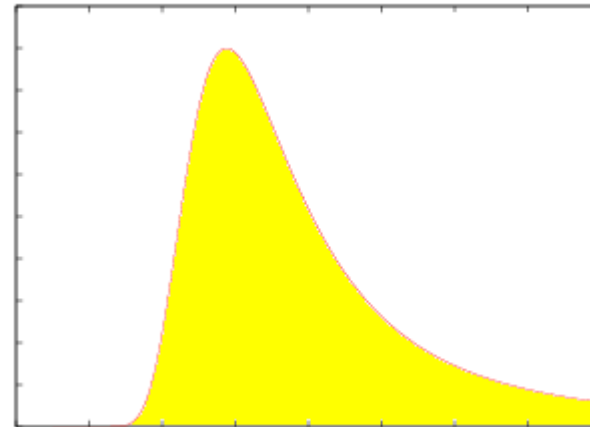
Interação do feixe com a matéria

- A perda média de energia de uma partícula carregada na matéria é dada por:

$$-\frac{dE}{dx} = 4\pi N_A r_e^2 m_e c^2 z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[\ln \frac{2m_e c^2 \gamma^2 \beta^2}{I} - \beta^2 - \frac{\delta}{2} \right]$$

Fórmula de Bethe-Bloch

A perda de energia **não é constante**, variando de acordo com uma distribuição de Landau →

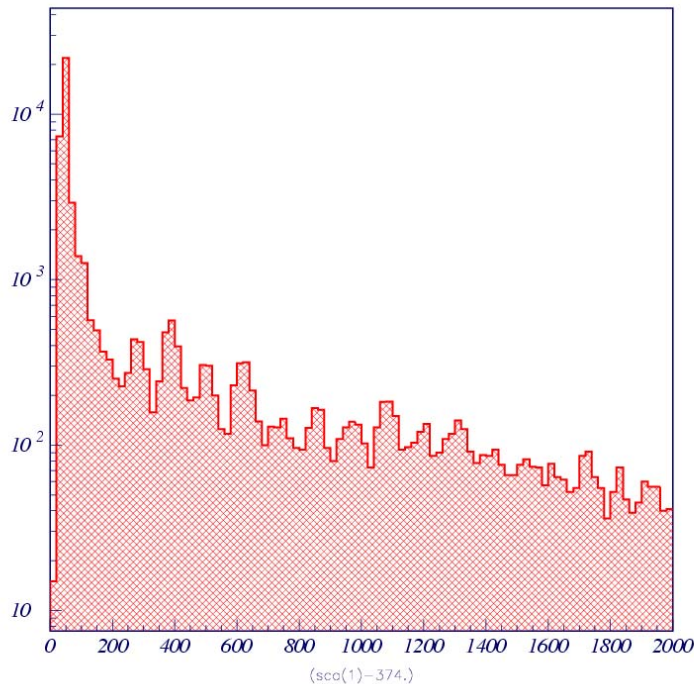


Interação do feixe com a matéria

- Como as partículas do feixe têm uma velocidade constante, a energia depositada num cintilador será, em média, **proporcional ao quadrado da carga da partícula**
- Os cintiladores emitem luz (por fluorescência) **proporcionalmente à energia depositada**, mas para os sinais mais fortes pode existir **saturação**
- Estes fenómenos tornam mais complexa a relação entre a **carga da partícula** e a intensidade do **sinal observado**

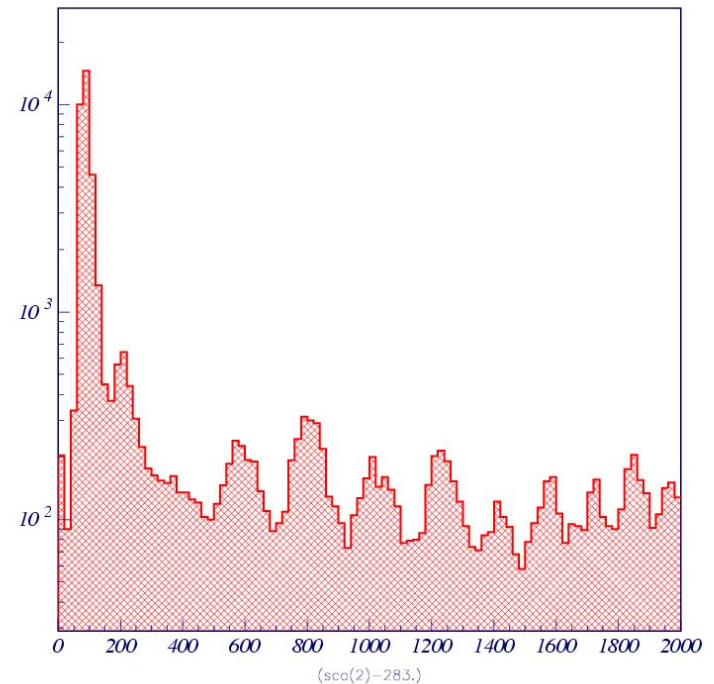
Cintiladores: dados de partida

- **Dados:** espectro de leituras do sinal dos cintiladores
- São geralmente visíveis **vários picos** no espectro correspondente a cada um dos cintiladores:



Cintilador 1

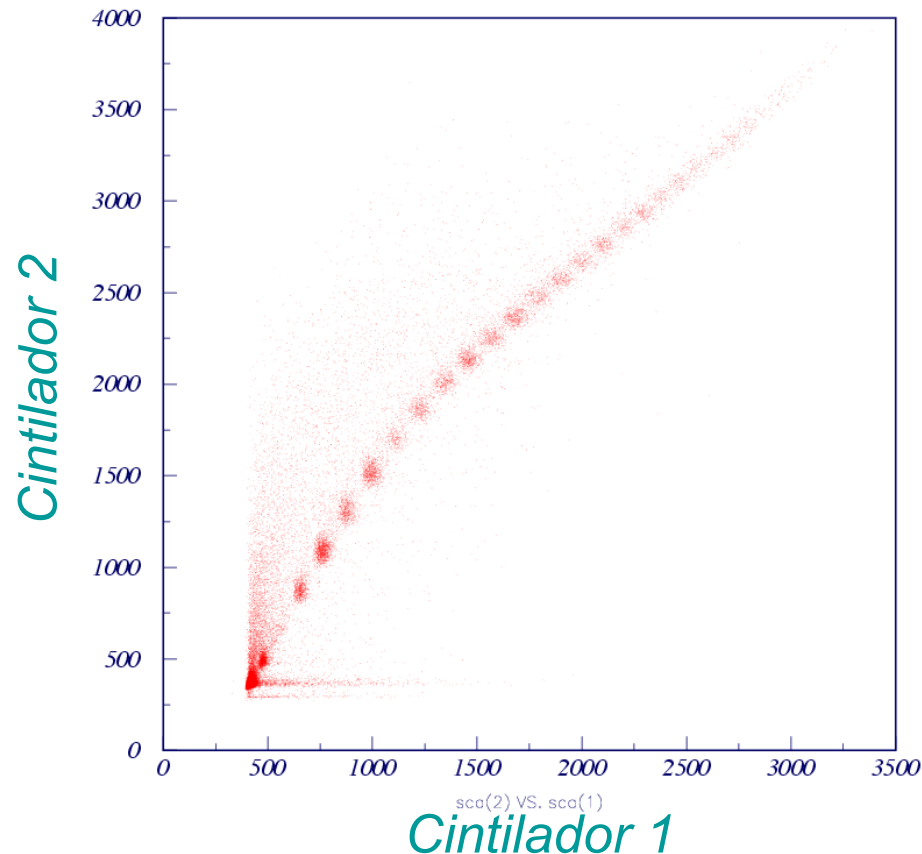
run 510



Cintilador 2

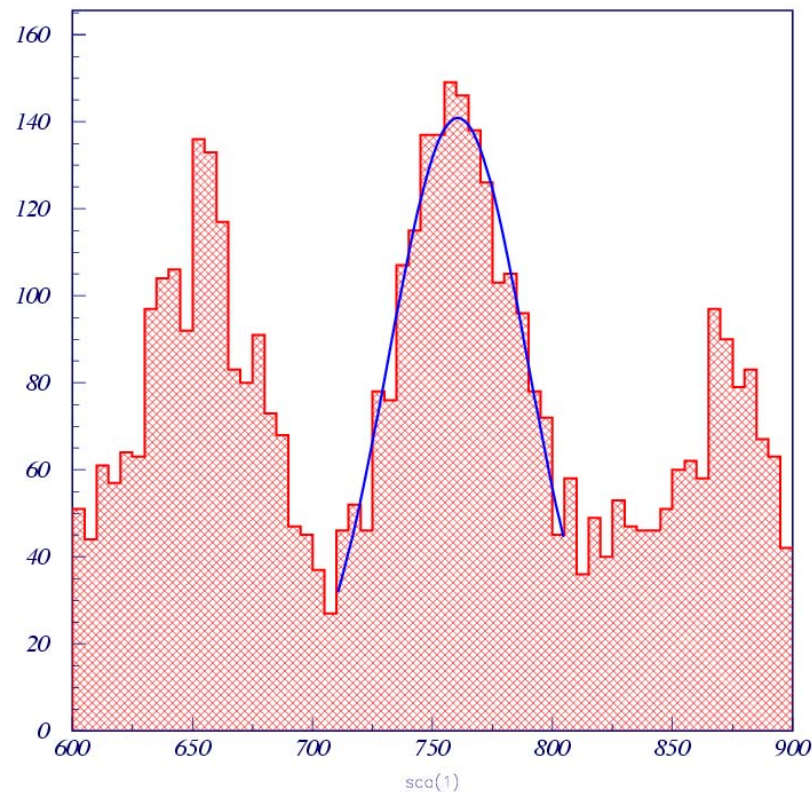
Cintiladores: dados de partida

- Boa correlação (mas não linear) entre os dois cintiladores
- Separação de cargas visível até $Z \sim 20$ (para feixe com $A/Z=2$)



Z baixo: determinação da carga

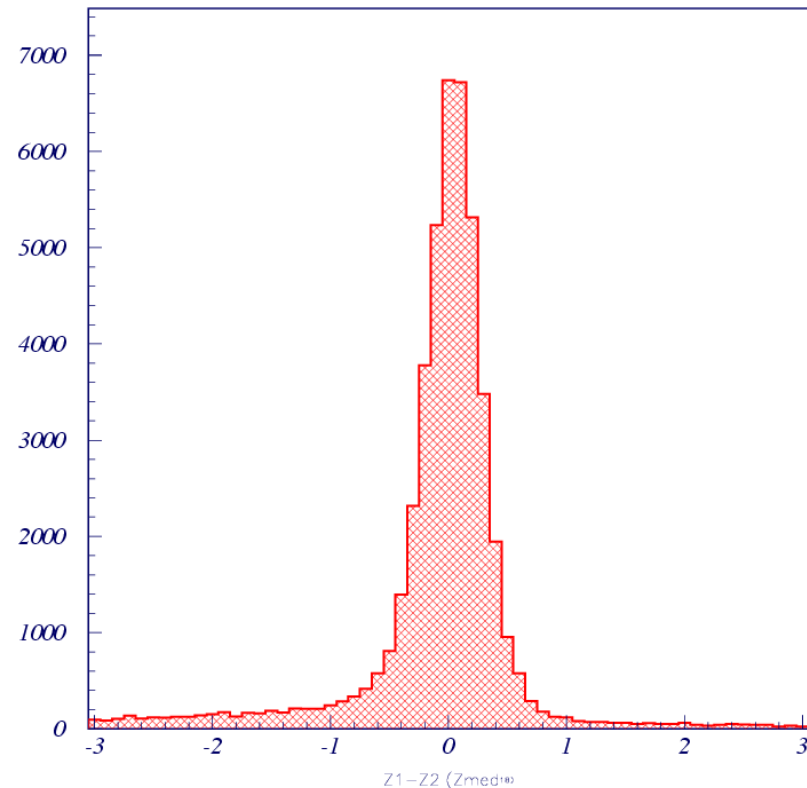
- Ajustes gaussianos efectuados aos picos das distribuições 1-D para cada cintilador
- Coordenadas dos picos usadas para calibração até $Z \sim 18$ (limite variável)
- A carga reconstruída Z_{rec} é dada pela média de Z_1 e Z_2



Cintilador 1

Z elevado: calibração cruzada

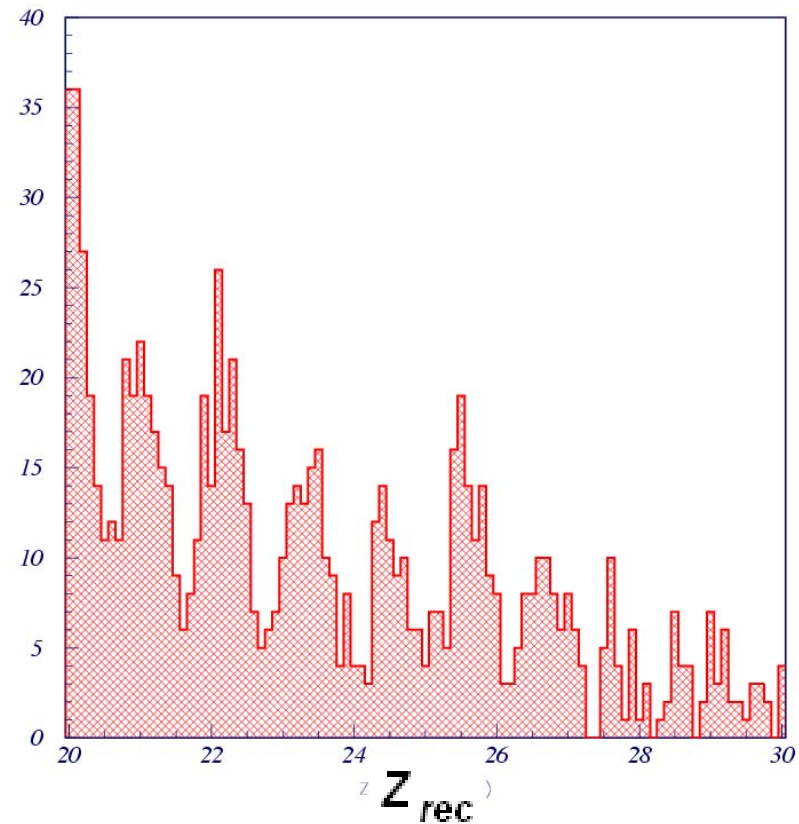
- Para Z mais elevado **não há picos visíveis** nas distribuições 1-D
- **Extrapolção linear** das funções de calibração utilizada como base para prolongamento
- Distribuição em ΔZ ($\equiv Z_1 - Z_2$) usada para calibração cruzada: função para Z_2 alterada para que ΔZ tenha máximo a zero em todas as regiões de Z



Distribuição de ΔZ para $Z_{\text{rec}} < 18$
run 510

Z elevado: calibração absoluta

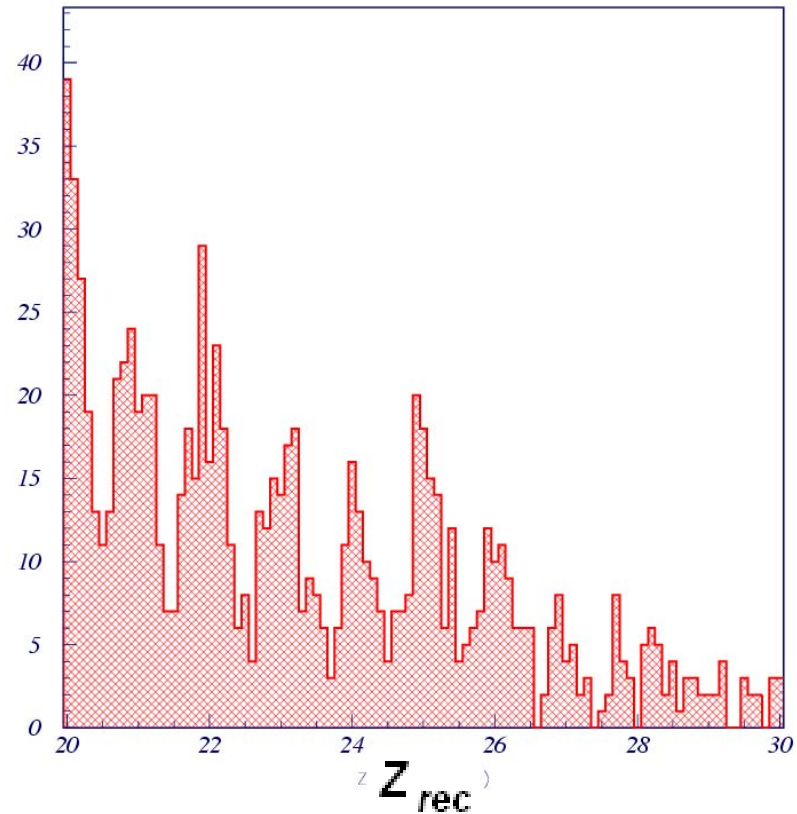
- **Novos picos** tornam-se visíveis no espectro de Z_{rec}
- Estes picos **afastam-se** de valores inteiros à medida que Z aumenta
- **Posições dos picos** usadas para corrigir valores das funções de calibração



Espectro de Z_{rec} **antes** da correcção
run 510

Resultados da calibração

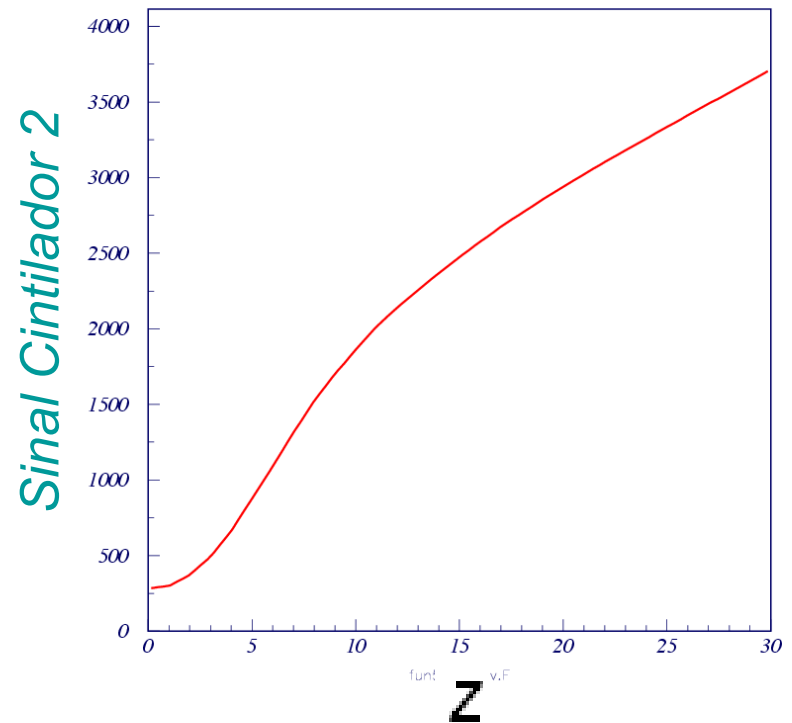
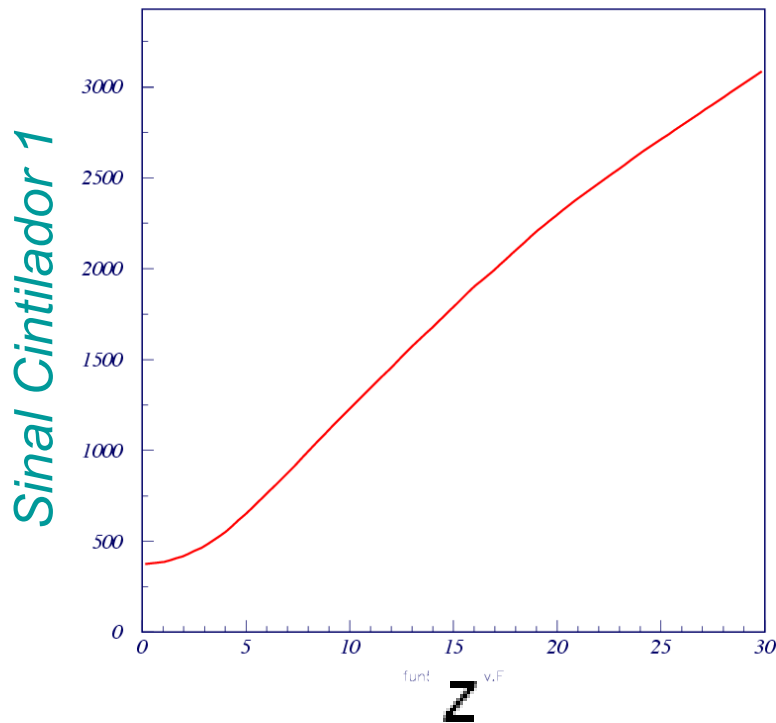
- Picos deslocados para os valores correctos (inteiros)
- Espectro de Z_{rec} tem picos visíveis até valores elevados de Z (geralmente $Z \sim 25-30$)



Espectro de Z_{rec} depois da correcção
run 510

Resultados da calibração

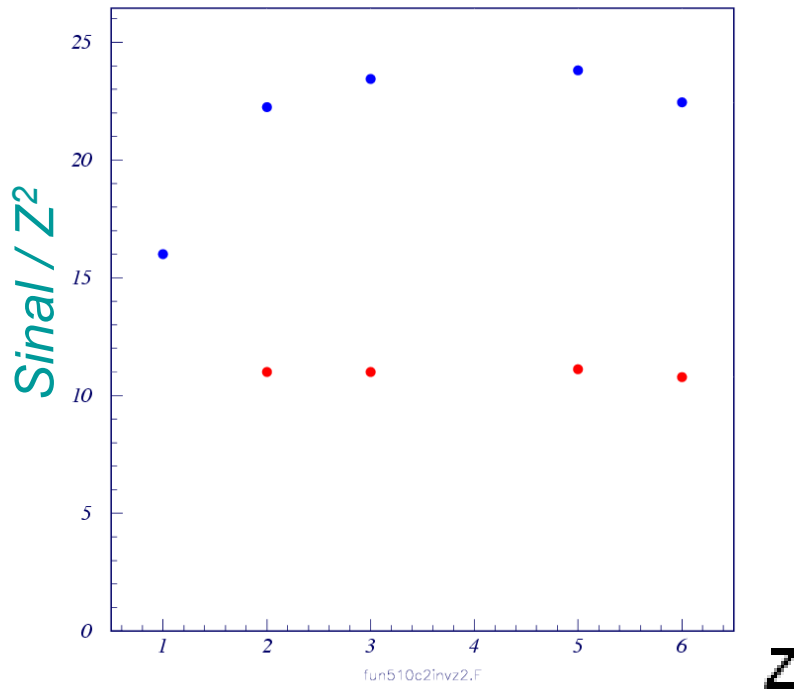
- Exemplo de funções finais de calibração para cada um dos cintiladores:



run 510

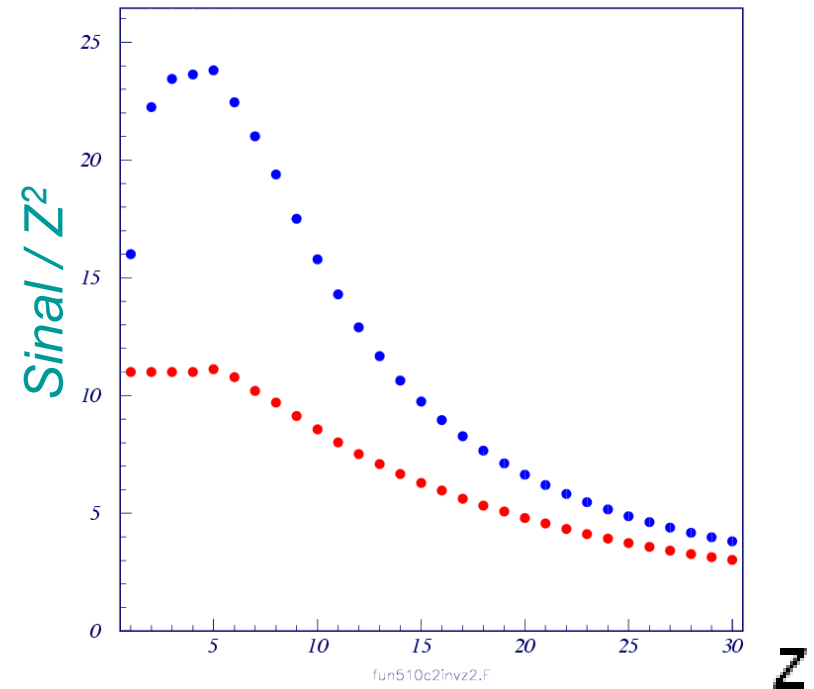
Resultados da calibração

- Bom ajuste à lei de Z^2 para $Z \leq 6$, que deixa de existir para valores mais elevados de Z : saturação observada



Dados picos de Z baixo

run 510



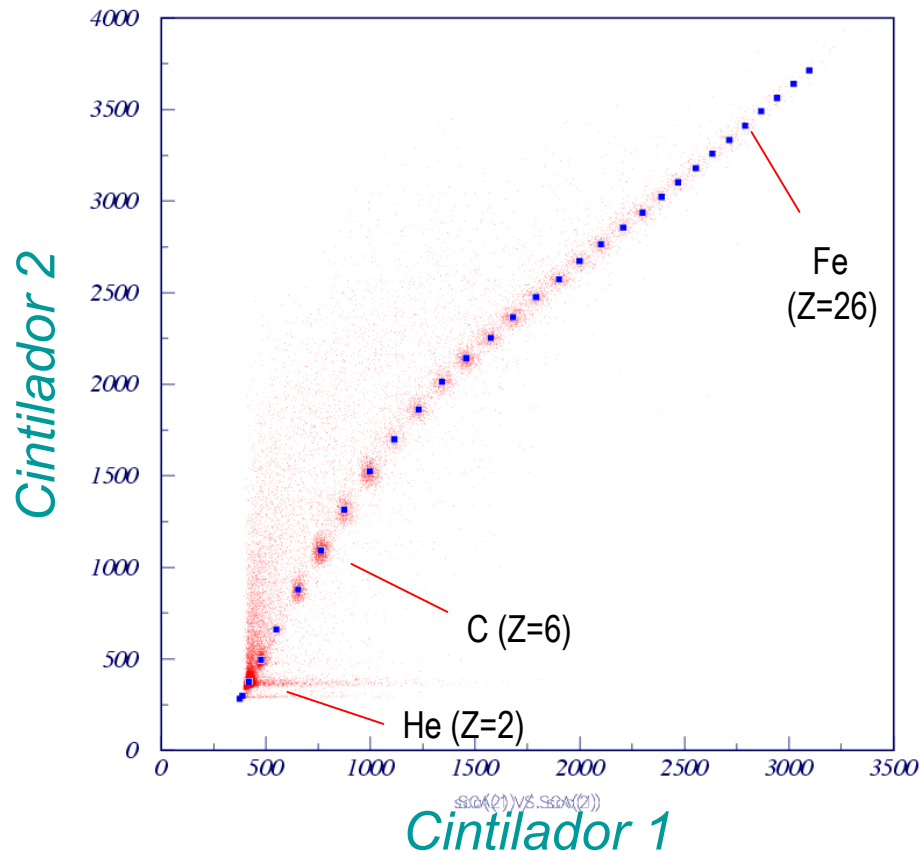
Calibração final

● Cintilador 1 ● Cintilador 2

Resultados da calibração

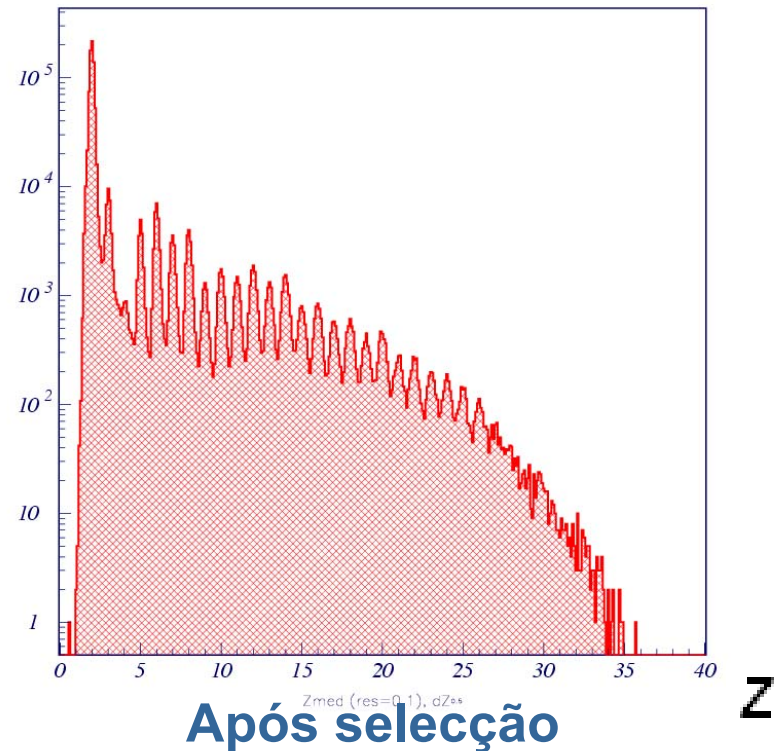
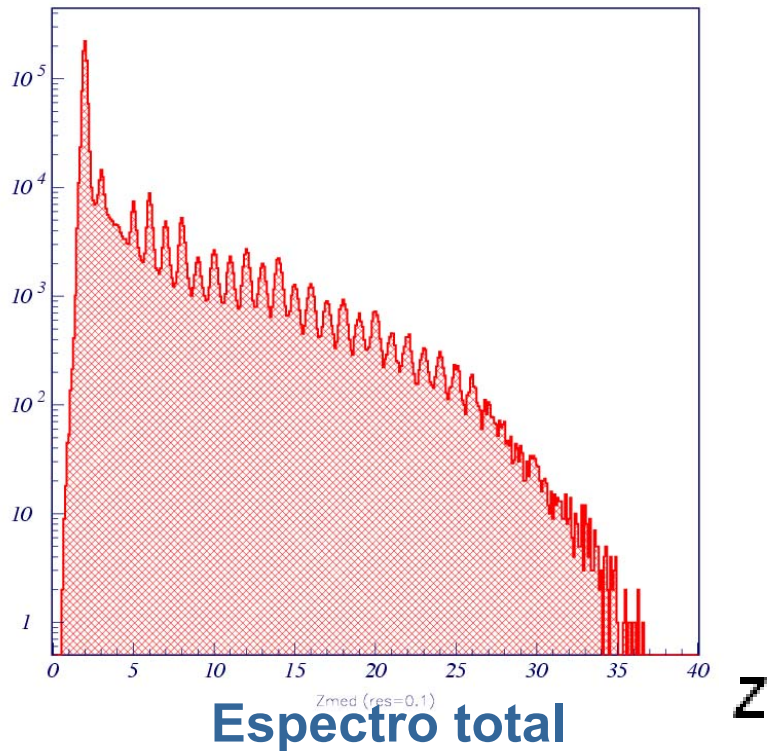
- Excelente acordo entre os valores da calibração e os dados originais

- Pontos de referência da calibração



Resultados da calibração: feixe $A/Z=2$

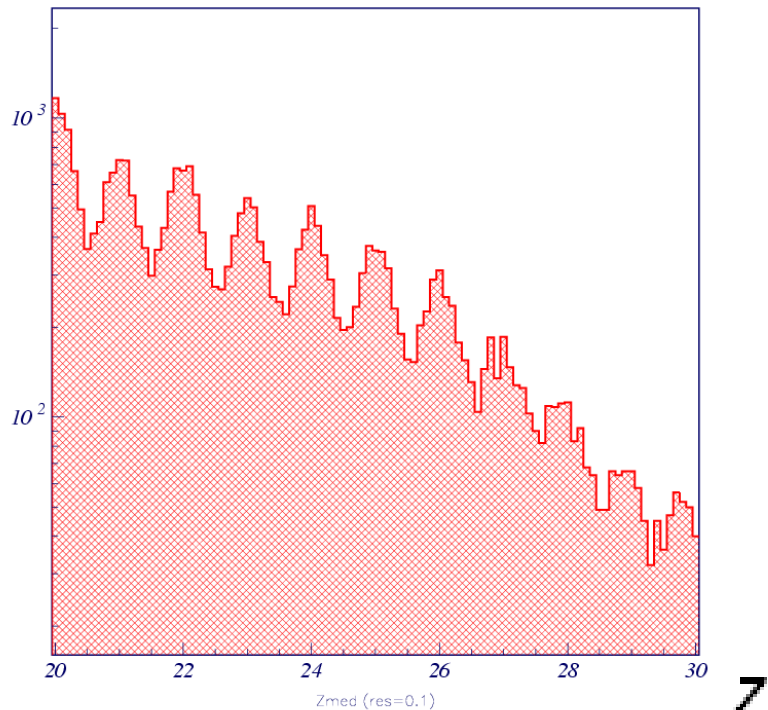
- Espectro total para Z_{rec} (todos os eventos): picos claros até $Z = 26$
- Espectro após selecção de eventos (compatibilidade entre Z_1 e Z_2 , i. e., $|\Delta Z| < 0.5$): seleccionados 78% dos eventos



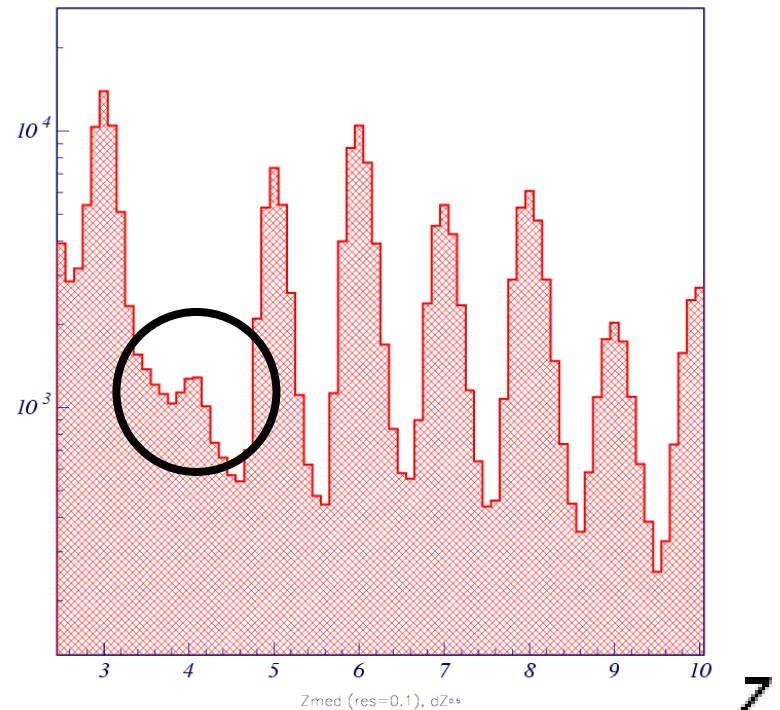
27 runs – 1.70×10^6 eventos

Resultados da calibração: feixe $A/Z=2$

- Cauda do espectro completo: picos visíveis até $Z = 30$
- Pico do berílio claramente visível após selecção de eventos



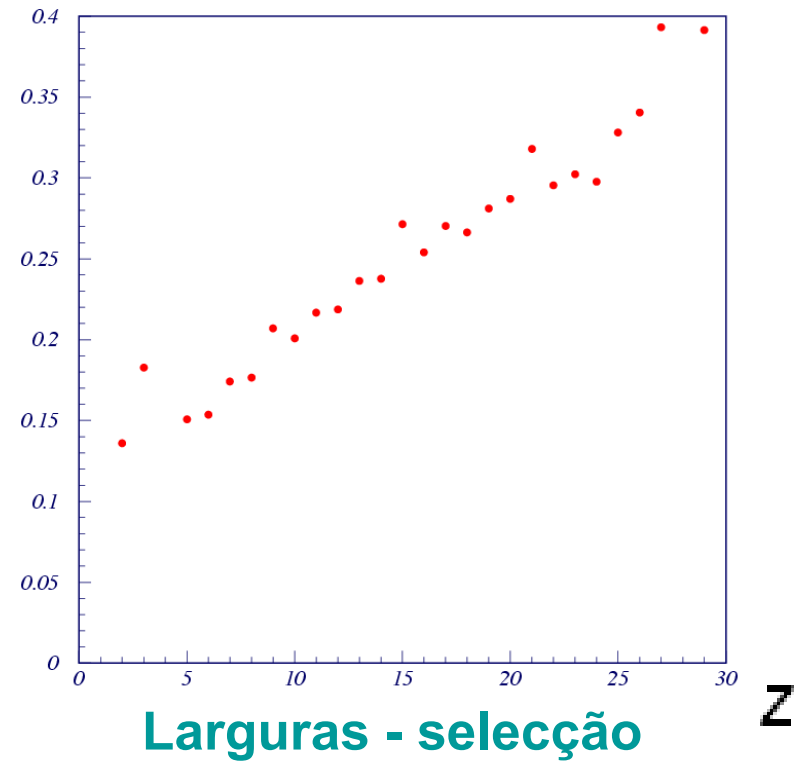
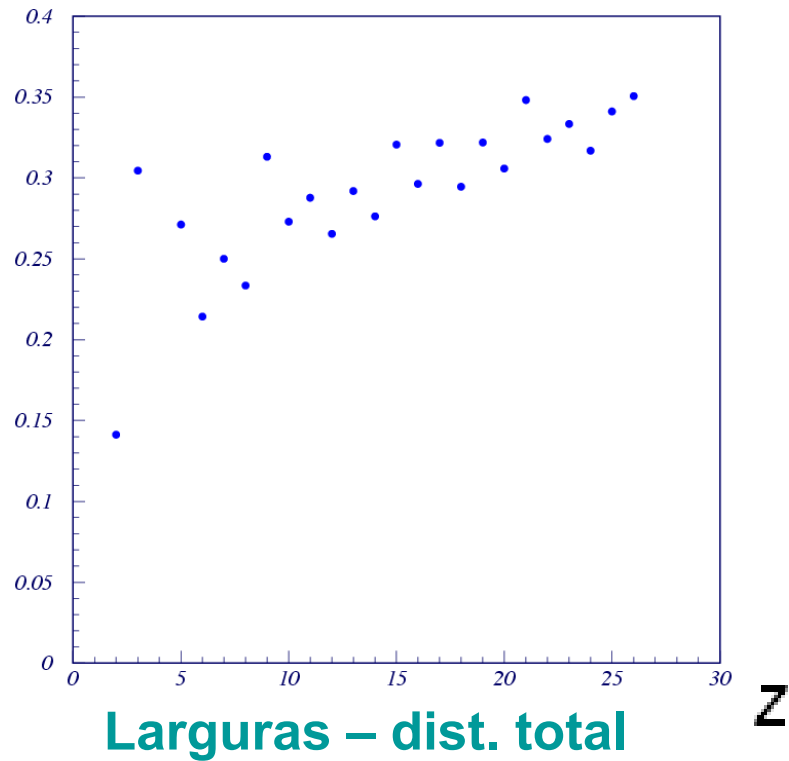
Espectro total (Z=20-30)



Pico do berílio

Resultados da calibração: feixe $A/Z=2$

- Fit gaussiano efectuado sobre os picos na região $Z \pm 0.4$
- **Distribuição total**: largura dos picos mostra tendência de aumento com Z , mas a correlação não é muito clara
- **Após selecção**: correlação clara entre Z e as larguras dos picos

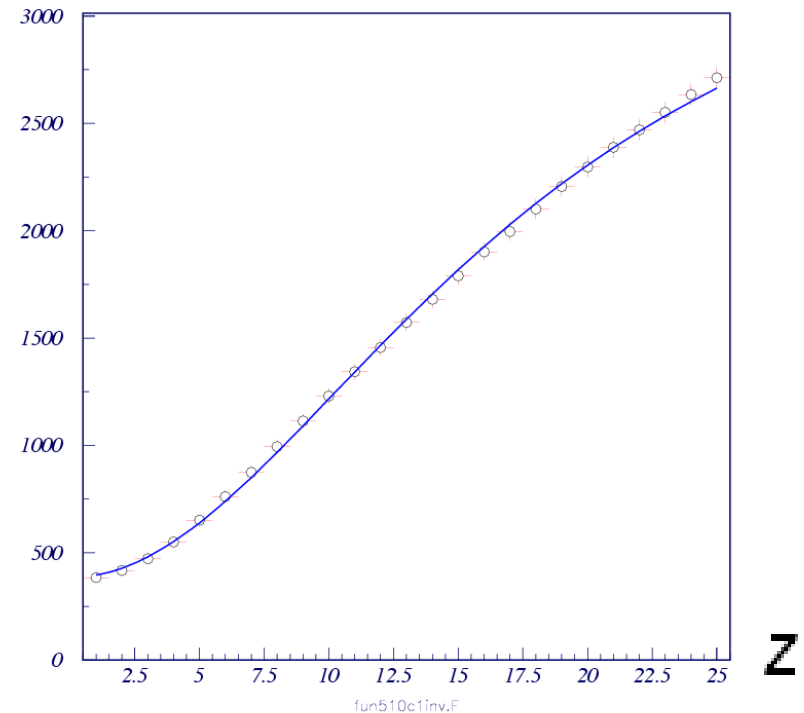
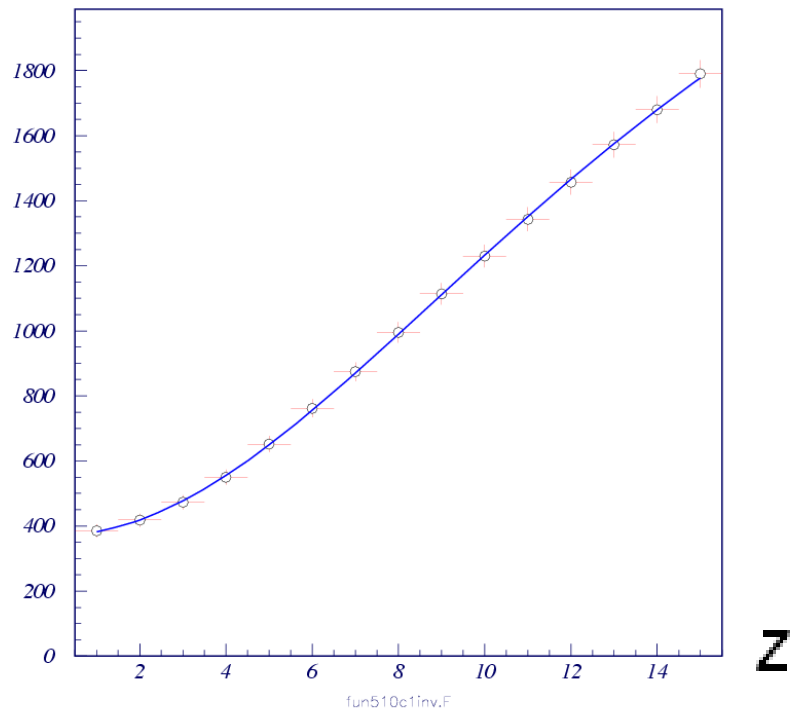


Ajuste aos dados: lei de Birks

- Três parâmetros incluindo pedestal:

$$f(Z) = a + bZ^2/(1+cZ^2)$$

- Excelente acordo para Z entre 0 e 15, alguns problemas se for incluída a região até $Z=25$



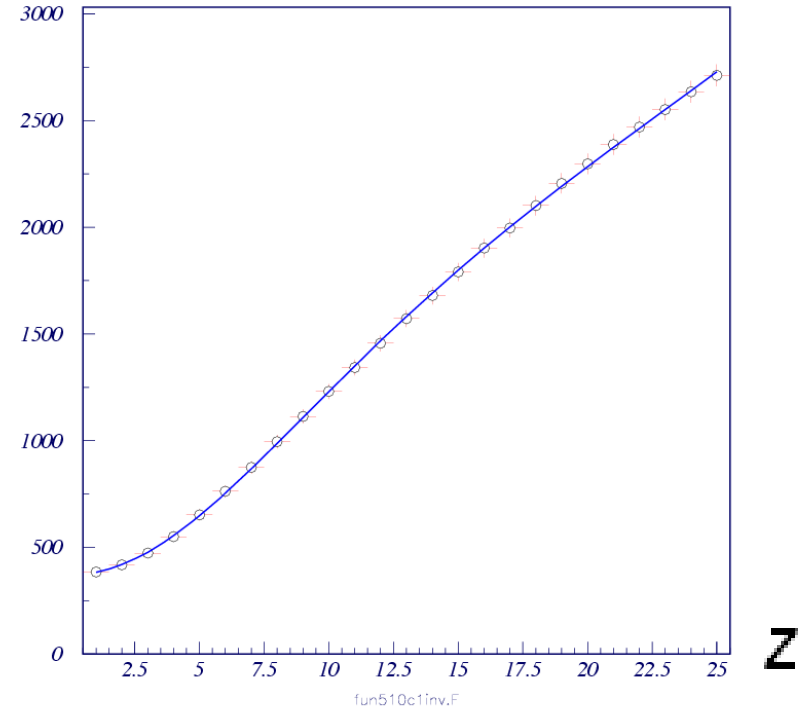
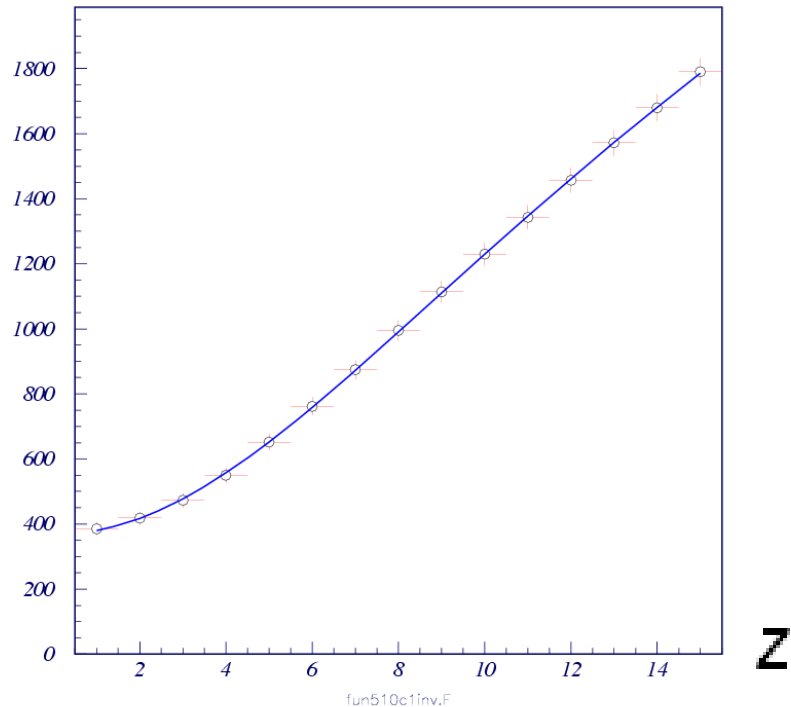
run 510, cintilador 1

Ajuste aos dados: lei Birks generalizada

- Quatro parâmetros incluindo pedestal:

$$f(Z) = a + bZ^2/(1+cZ^2+dZ^4)$$

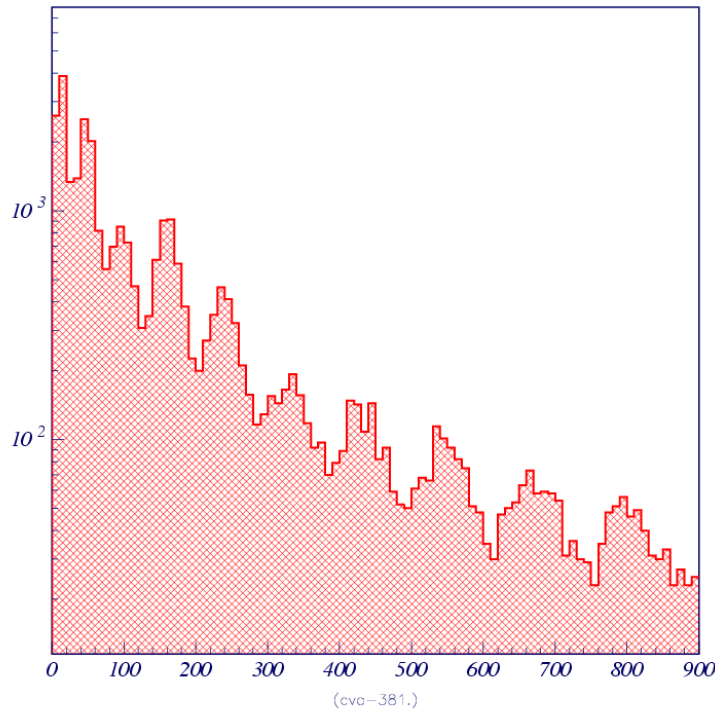
- O acordo com os dados é claramente melhorado para ajustes incluindo valores mais elevados de Z



run 510, cintilador 1

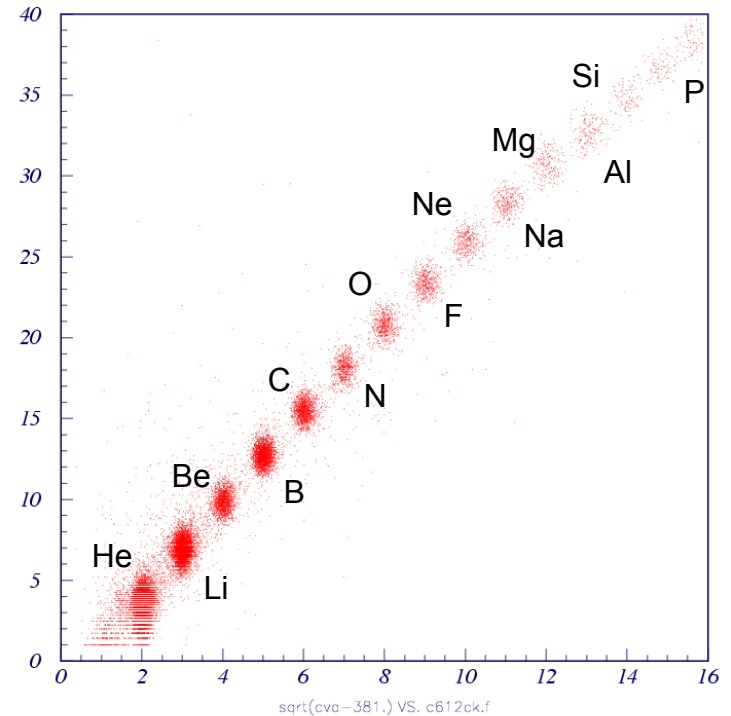
Correlação com contador Cherenkov

- Boa correlação (lei em Z^2) observada entre as leituras do contador Cherenkov (CVA) e Z_{rec}



CVA - ped

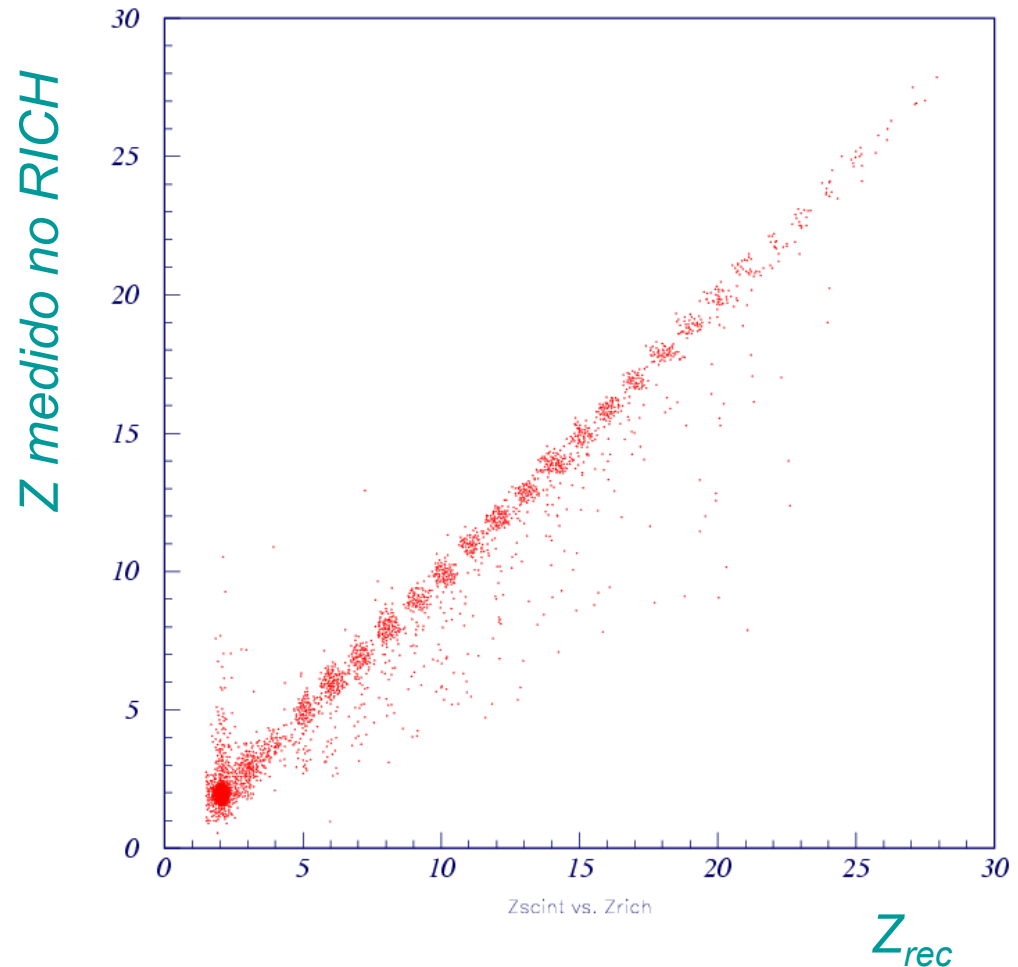
run 612



Z_{rec} vs. $(\text{CVA} - \text{ped})^{1/2}$

Correlação com o RICH

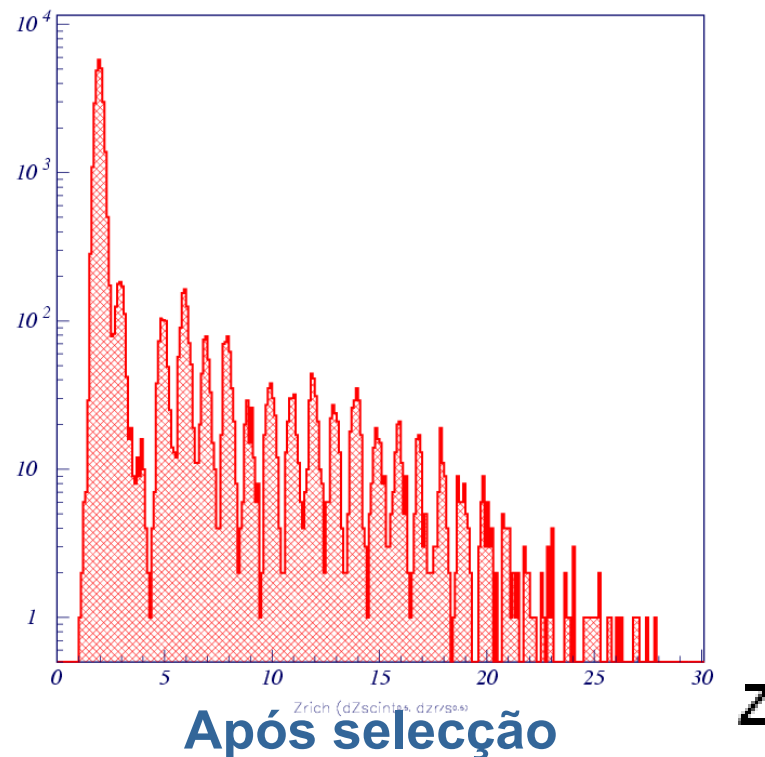
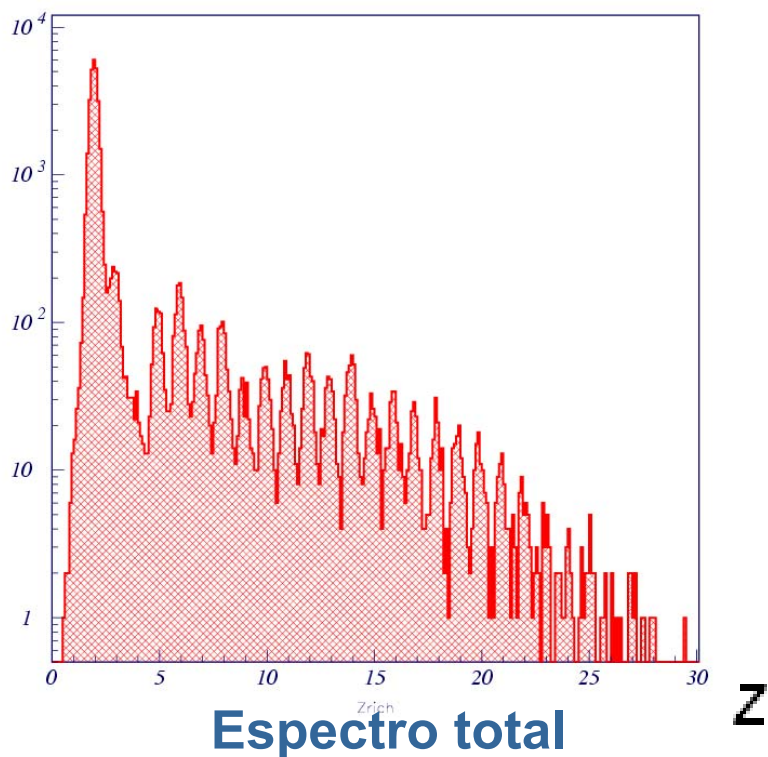
- Boa correlação observada também entre Z_{rec} e a carga determinada pelo detector RICH
- Separação de cargas visível até $Z \sim 25$



run 575

Correlação com o RICH

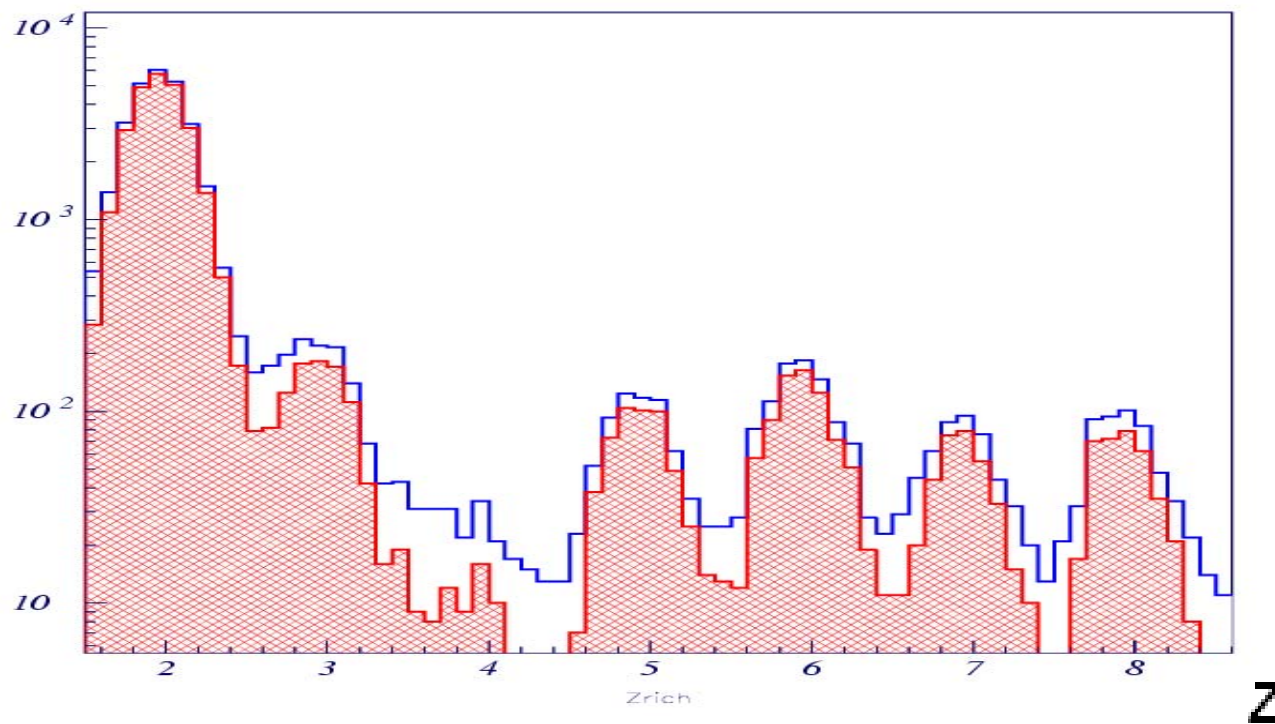
- O espectro total do RICH pode ser melhorado seleccionando apenas os eventos com carga compatível medida nos cintiladores ($|Z_{\text{RICH}} - Z_{\text{rec}}| < 0.5$)



run 575

Correlação com o RICH

- O espectro total do RICH pode ser **melhorado** seleccionando apenas os eventos com **carga compatível** medida nos cintiladores ($|Z_{\text{RICH}} - Z_{\text{rec}}| < 0.5$)



run 575

Conclusões

- O estudo dos espectros das leituras dos cintiladores permite obter a **relação entre sinal e carga**, tornando possível a **identificação de núcleos até $Z \sim 25-30$**
- A **largura** dos picos de carga **aumenta** com Z
- No caso dos cintiladores estudados, a **proporcionalidade a Z^2** só se verifica até $Z \sim 6$
- A resposta dos cintiladores é bem descrita pela **lei de Birks** até $Z = 15$, com um **termo adicional** é possível obter um bom ajuste até $Z = 25$
- Os resultados obtidos são **compatíveis** com as leituras do **contador Cherenkov** e do **RICH**