



*Estudo de radiadores aerogel em feixe e
reconstrução de carga em cintiladores com
um protótipo do detector RICH de AMS*

Rui Pereira

e-mail: pereira@lip.pt

Resumo

- O detector AMS-02
- Testes em feixe
- Estudo de radiadores aerogel
- Reconstrução de carga em cintiladores
- Conclusões

O detector AMS-02

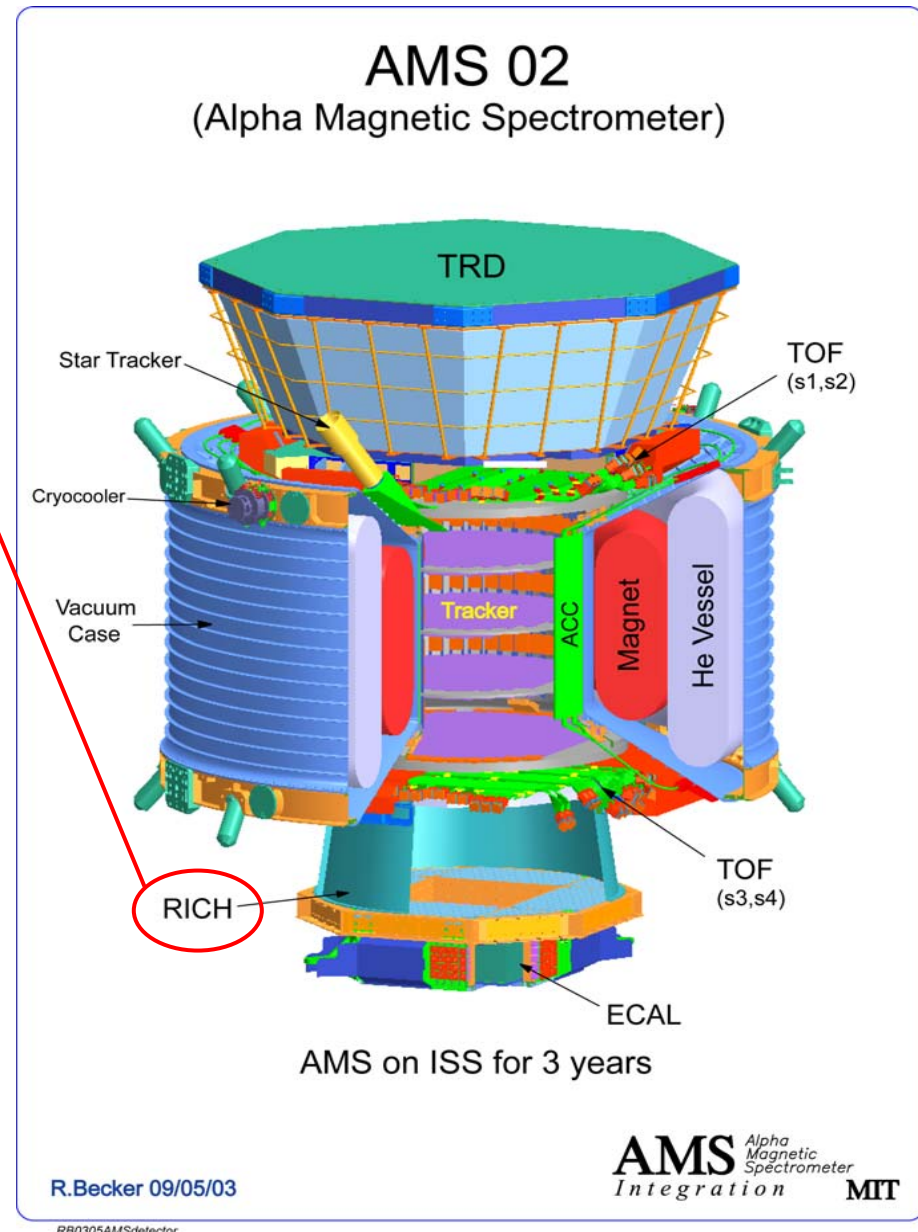
Constituído pelos subdetectores:

- ◆ Transition Radiation Detector
- ◆ Time-Of-Flight detector
- ◆ Silicon Tracker
- ◆ Ring Imaging Cherenkov detector
- ◆ Electromagnetic Calorimeter
- ◆ Anti-Coincidence Counter

Capacidades do detector:

- ◆ Deflexão das partículas
 - ★ Magneto supercondutor (0.9 T)
- ◆ Medidas das propriedades da partícula:
 - ★ **Rigidez** (Tracker)
 - ★ **Direcção** (TOF, Tracker, RICH)
 - ★ **Velocidade** (RICH, TOF, TRD)
 - ★ **Carga** (RICH, Tracker, TOF)
- ◆ Trigger
 - ★ TOF, ECAL, ACC

Estatística total: $> 10^{10}$ eventos



Testes em feixe

Teste de 2003

RICH

Cintiladores orgânicos e contador Cherenkov

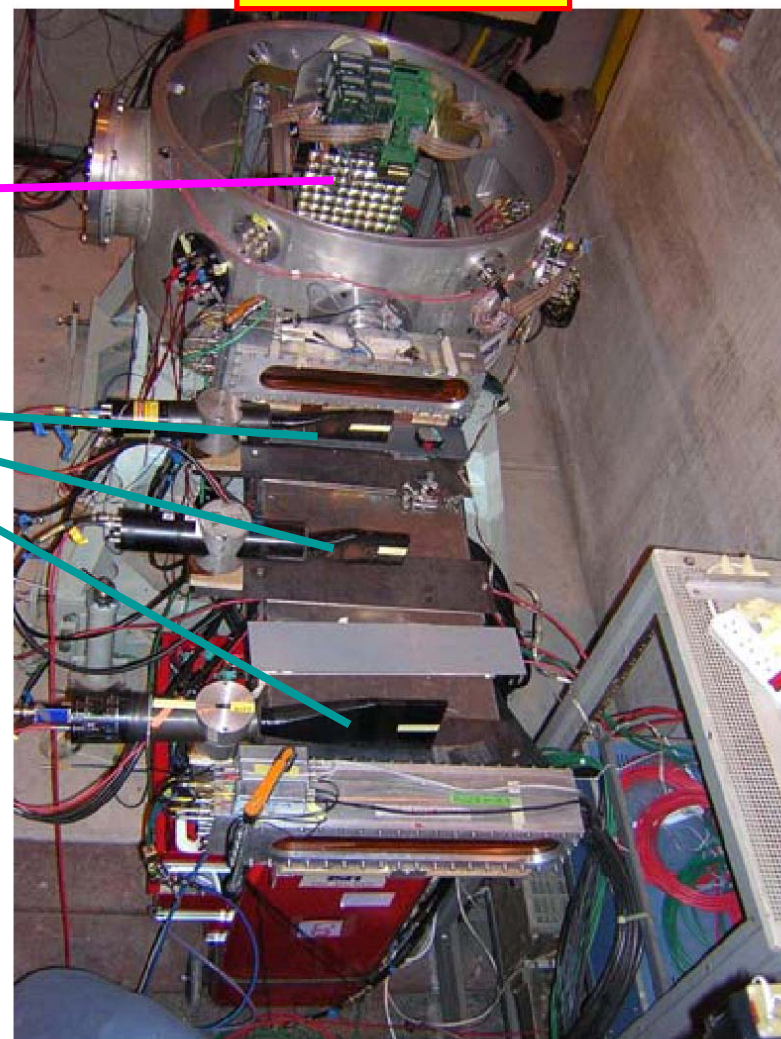
- Testes realizados no CERN (SPS) com um protótipo do detector utilizando um feixe secundário de íões

■ 2002:

- ◆ **Feixe primário:** Pb
- ◆ **Alvo:** Be
- ◆ **Energia:** 20 GeV/nucleão

■ 2003:

- ◆ **Feixe primário:** In
- ◆ **Alvo:** Pb
- ◆ **Energia:** 158 GeV/nucleão



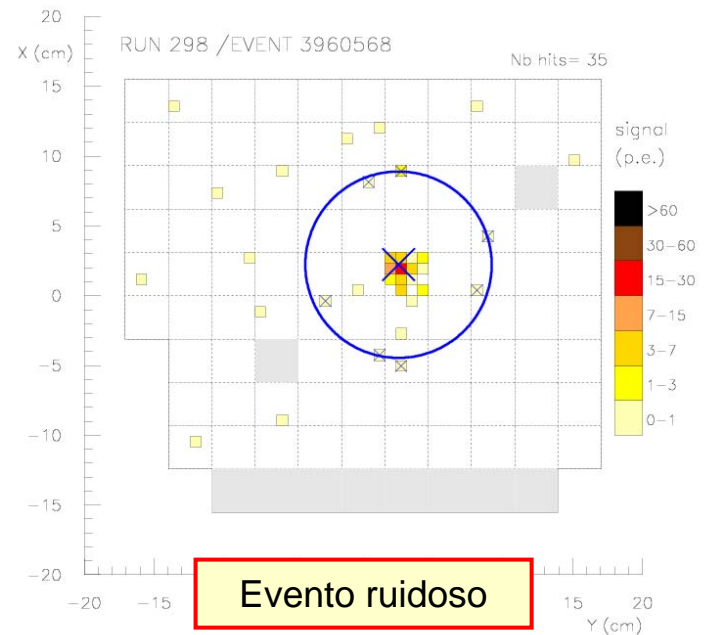
↑ feixe

Estudo de radiadores aerogel

- Aerogel: espuma de sílica (SiO_2) com bolsas de ar
- Utilizado em AMS devido ao seu índice de refração, o mais baixo de todos os materiais sólidos ($n > 1.015$)
- Objectivo: comparar amostras com vários índices de refração (1.03 a 1.05) e de diferentes fabricantes para determinar qual tem propriedades ópticas mais adequadas para o RICH de AMS (máximo de luz de Cherenkov detectada)
 - ◆ *Emissão de luz: dependente do índice de refração*
 - ◆ *Perda de luz: dependente da claridade do aerogel*
- Dados utilizados:
 - ◆ *Teste 2002: prótons a diferentes momentos (5-13 GeV/c/nucleão)*
 - ◆ *Teste 2003: núcleos de hélio a 158 GeV/c/nucleão*

Aerogel: selecção de eventos

- Nos runs de protões foi efectuada uma selecção para excluir vários tipos de eventos indesejáveis:
 - ◆ *Eventos com velocidades distantes da média*
 - ★ Permite excluir eventos de muões ($\beta \approx 1$ em runs com $\beta < 1$)
 - ◆ *Eventos ruidosos*



Aerogel: estudo do sinal

- Distribuição do sinal total nos anéis Cherenkov:

$$f(x) = \sum_i p(\varepsilon_i) \sum_{n \geq 3} \frac{e^{-\mu_0 \varepsilon_i} (\mu_0 \varepsilon_i)^n}{n!} g(x; n, \sigma_{p.e.})$$

μ_0 : sinal médio para um anel totalmente contido

ε_i : aceitâncias geométricas

$p(\varepsilon_i)$: probabilidade associada a cada valor de aceitância

$g(x; n, \sigma_{p.e.})$: distribuição do sinal total de n fotoelectrões

- Correções aplicadas:

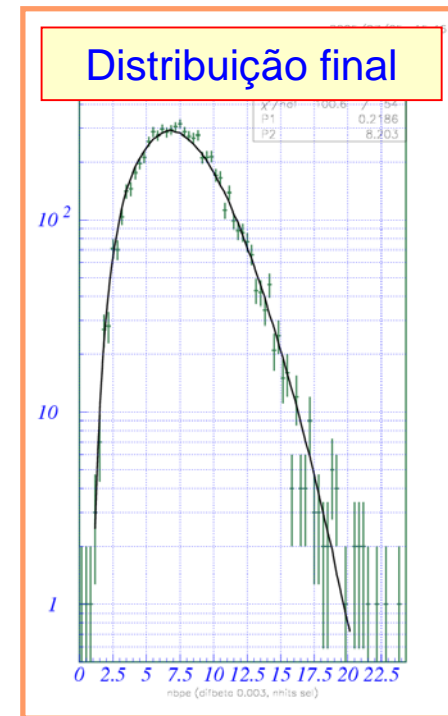
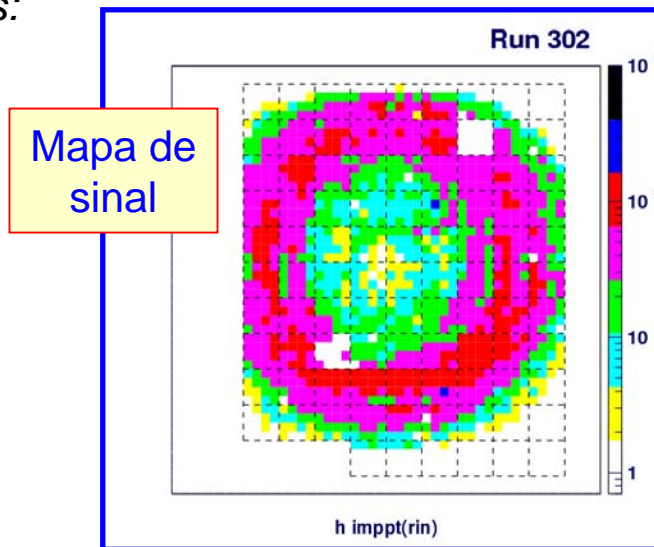
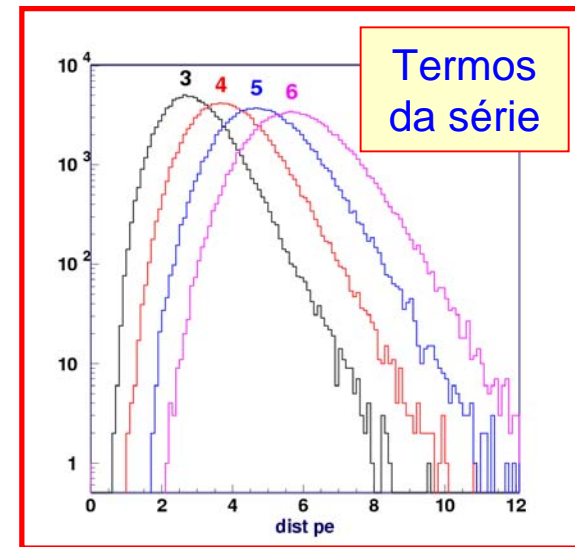
- ◆ *Sinal dos fotomultiplicadores:*

- ★ Variação do ganho médio (run a run)
- ★ Efeito de limiar

- ◆ *Aceitância geométrica*

- ★ Troços do anel fora da matriz de detecção
- ★ Espessura do anel
- ★ Zonas mortas na matriz

- ◆ *Exclusão dos eventos com baixo número de hits ($n < 3$)*



Estudo de radiadores aerogel

- Amostras de dois fabricantes
 - ◆ *Matsushita (Japão) [MEC]*
 - ◆ *Instituto Boreskov (Novosibirsk, Rússia) [CIN]*
- Teste 2002: 5 amostras
- Teste 2003: 3 amostras



Amostra	n	Espessura	2002	2003
MECy01.103	1.03	3x11 mm	x	
MECy02.103	1.03	2x11 mm	x	
MECy02.105	1.05	2x11 mm	x	
CINy02.103	1.03	30 mm	x	x
CINy02.104	1.04	30 mm	x	
MECy03.103	1.03	3x11 mm		x
CINy03.105	1.05	25 mm		x

Aerogel: resultados

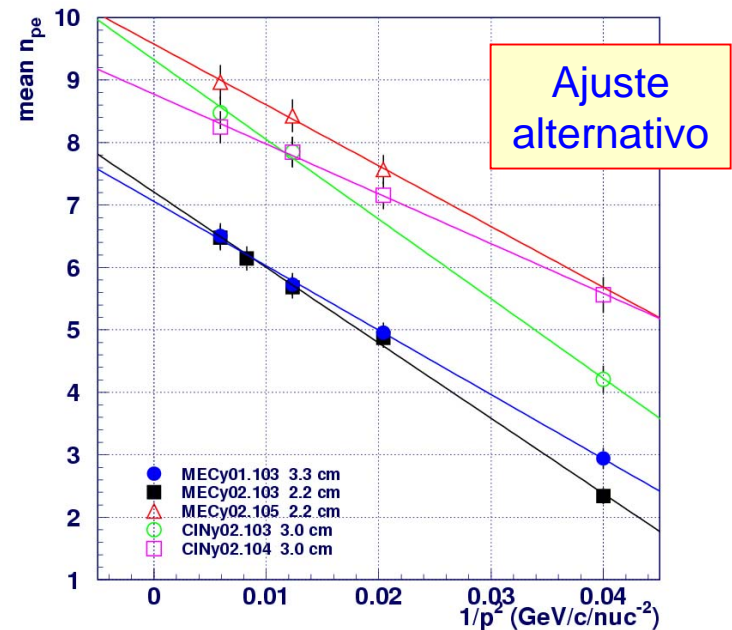
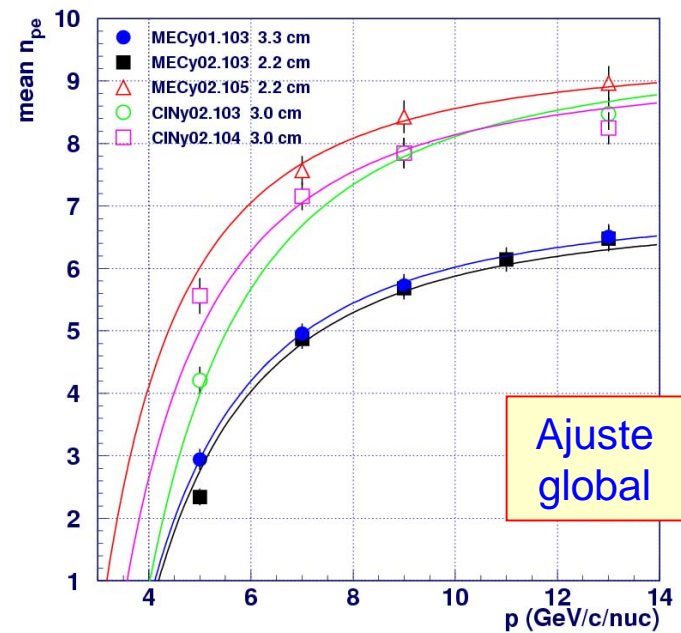
■ Dados de protões:

- ◆ Sinal de Cherenkov avaliado e corrigido para cada valor de momento

$$n_{pe} = n_{pe_0} \left[1 - \frac{(mc/p)^2}{n^2 - 1} \right]$$

em que $n_{pe_0} \equiv n_{pe} (\beta = 1)$

- ◆ Ajuste global aos resultados dos vários runs do mesmo radiador a diferentes momentos
- ◆ Evolução do sinal com o momento das partículas é bem descrita pela expressão teórica para n_{pe}
- ◆ Ajuste alternativo, considerando o índice de refração de cada amostra como parâmetro a determinar, dá boas estimativas para os seus valores



Aerogel: resultados

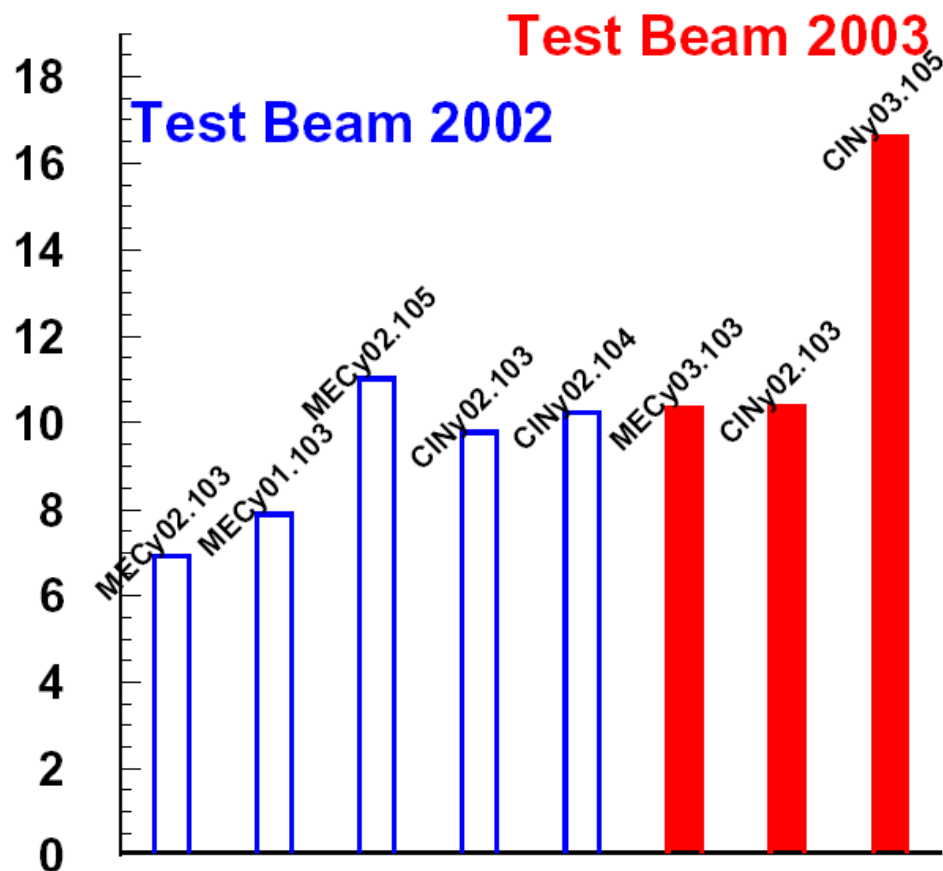
- Dados de hélio:
 - ◆ Sinal de Cherenkov avaliado para cada um único run
 - ◆ Resultado final é obtido a partir de um só run, pois $\beta \approx 1$
- Fiabilidade dos resultados
 - ◆ Os resultados obtidos neste estudo concordam em geral com os obtidos pela equipa do CIEMAT (Madrid) utilizando métodos diferentes de avaliação da emissão de luz
- Comparação da qualidade das amostras de aerogel
 - ◆ Valores normalizados à mesma espessura (30 mm) utilizando factores de correcção obtidos a partir de simulações Monte Carlo

Aerogel: comparação final

**Melhor resultado:
aerogel de Novosibirsk
com $n = 1.05$**

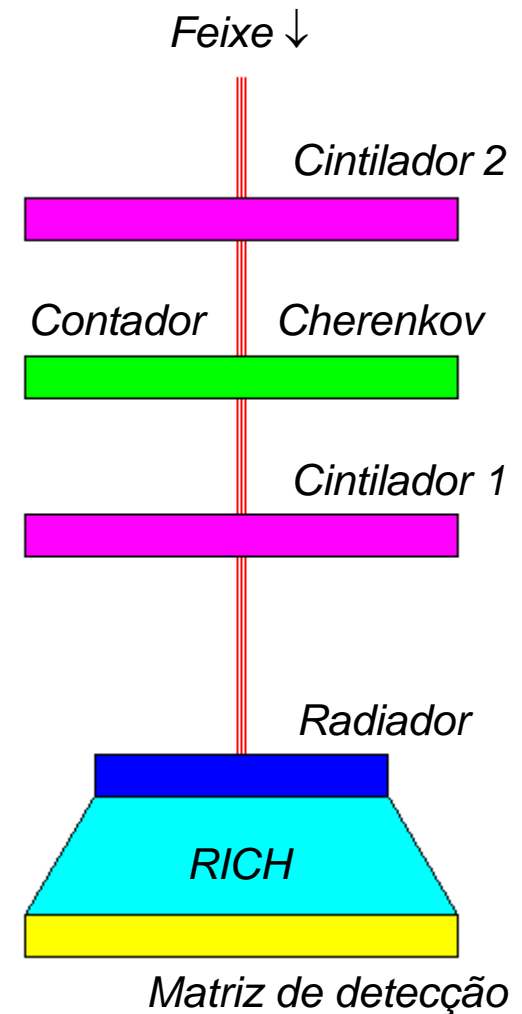


**radiador escolhido
para o detector
definitivo**



Reconstrução da carga em cintiladores

- Cintiladores orgânicos foram utilizados como elementos adicionais de controlo da qualidade dos testes em feixe
- Objectivo desta reconstrução: obter uma medida independente da carga eléctrica das partículas do feixe utilizando apenas a informação dos cintiladores
- Sinal medido nos cintiladores aumenta com a carga
 - ◆ Em cada cintilador, medidos sinais no ânodo e no último dínodo para evitar perda de informação por saturação da electrónica
- Aspectos a considerar na busca de uma calibração:
 - ◆ 2 cintiladores \Rightarrow possibilidade de verificação de consistência
 - ◆ Discretização da carga permite visualizar picos nas distribuições de sinal em cada cintilador



Cintiladores: sinal e erro

- O sinal num cintilador é dado por:

$$N = \eta N_0 Z^2 \varepsilon(Z)$$

- ◆ η : coeficiente de variação da energia depositada
 - ★ $\eta = 1$ em média, com desvio padrão σ_η
- ◆ N_0 : energia média depositada por uma partícula com $Z = 1$
 - ★ Flutuação: σ_{N_0} devida à estatística de fotoelectrões
- ◆ $\varepsilon(Z)$: factor de saturação do resposta do cintilador
 - ★ $\varepsilon \approx 1$ para Z baixo, $\varepsilon < 1$ para Z elevado

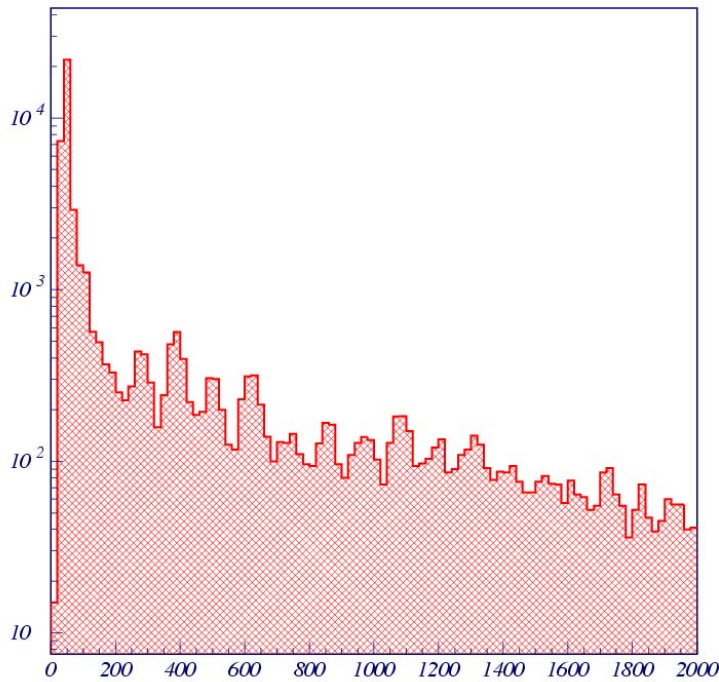
- Nestas condições o erro na carga é dado por:

$$\Delta Z = \frac{1}{2N_0} \sqrt{\frac{\sigma_{N_0}^2}{\varepsilon(Z)} + Z^2 N_0^2 \sigma_\eta^2}$$

- ◆ Para baixo Z o erro é aproximadamente constante, aumentando para Z elevado devido aos efeitos de saturação (diminuição de ε) e ao aumento do termo associado a σ_η

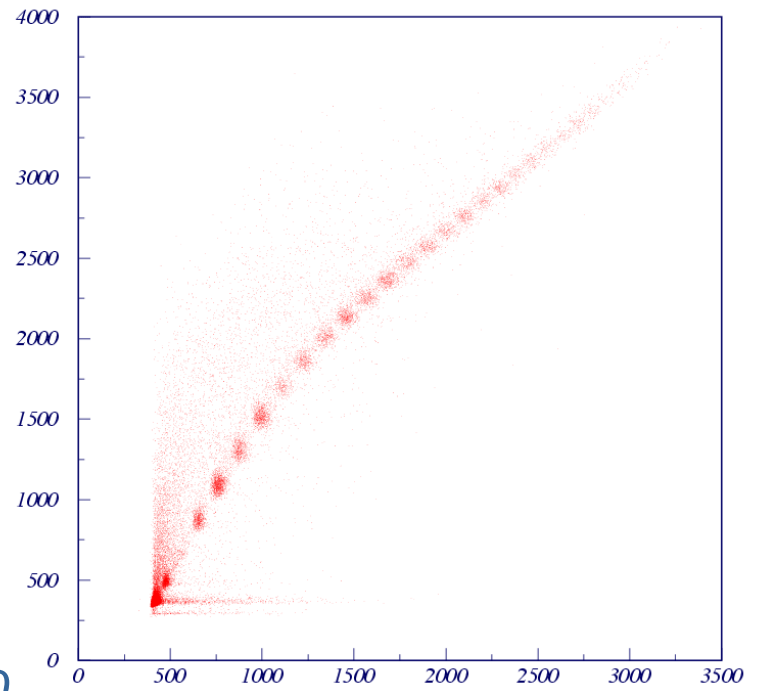
Cintiladores: dados de partida

- Dados: espectro de leituras do sinal dos cintiladores
- São geralmente visíveis vários picos no espectro correspondente a cada um dos cintiladores
- Boa correlação (mas não linear) entre os dois cintiladores com separação de carga visível até $Z \sim 15-20$



Cintilador 1

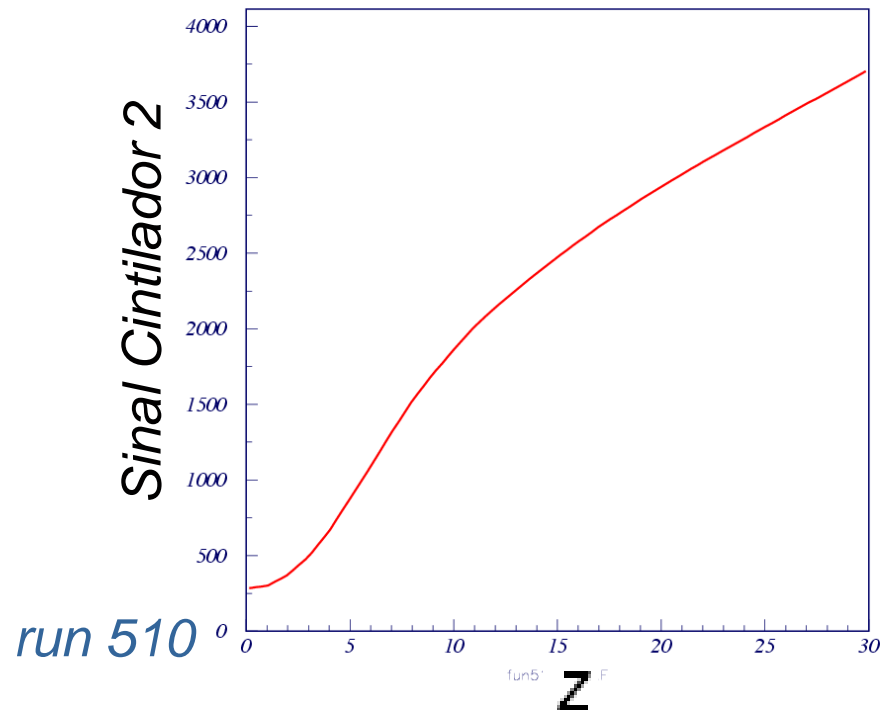
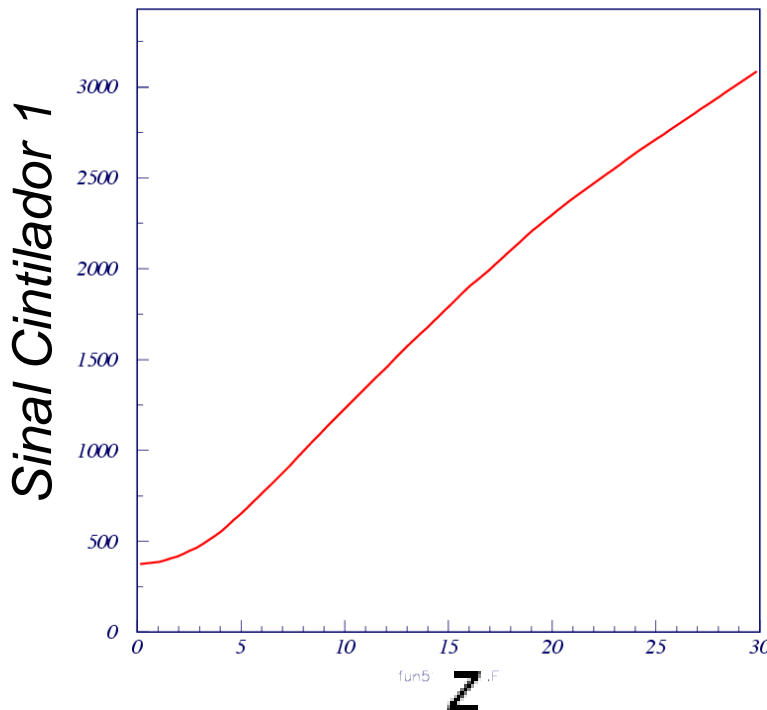
run 510



Correlação

Cintiladores: resultados da calibração

- A localização dos picos e o cruzamento de dados dos dois cintiladores permitem obter uma calibração fiável até $Z \sim 26$ (para $Z > 26$ a precisão é limitada pela estatística reduzida)
- Exemplo de funções finais de calibração para cada um dos cintiladores:



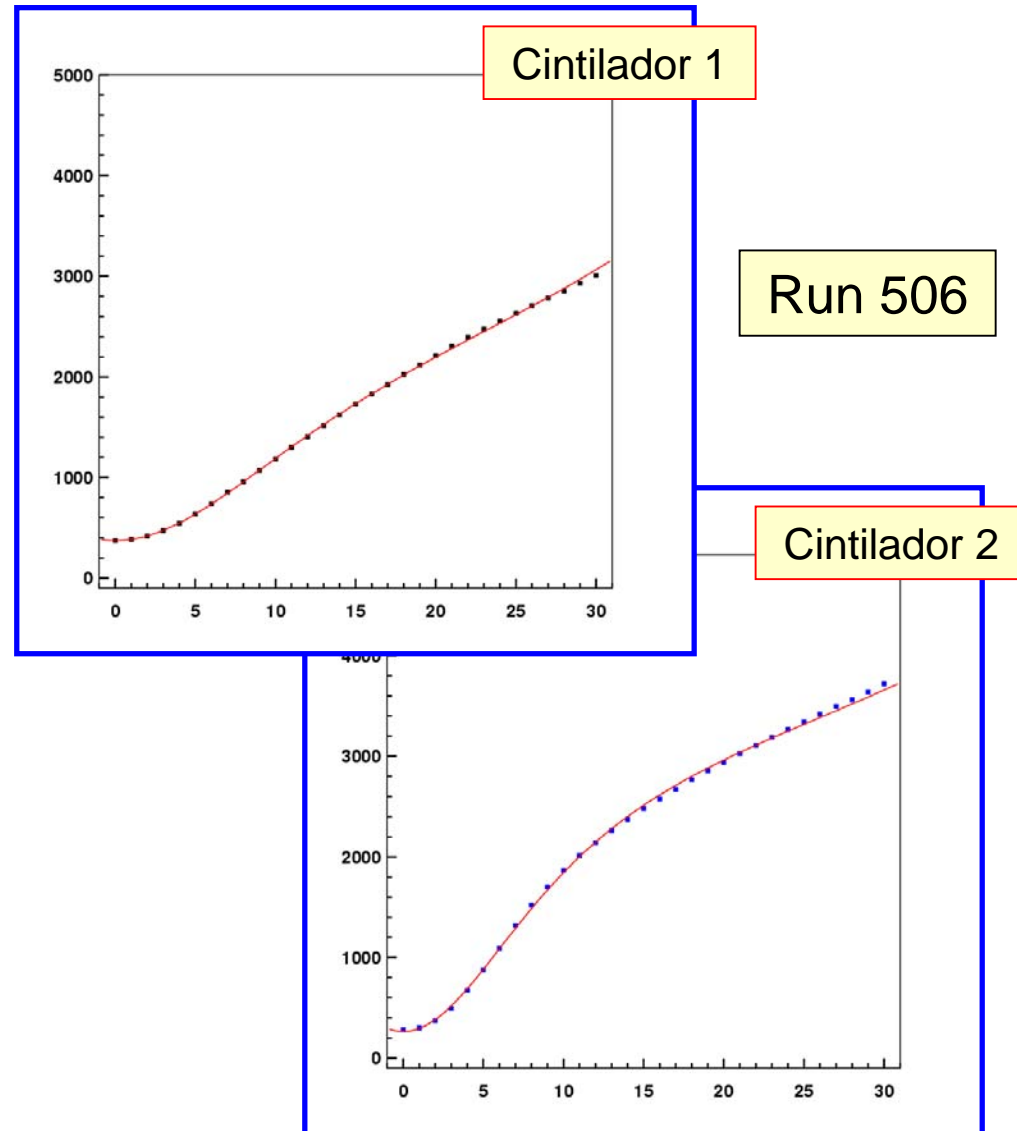
Cintiladores: fórmula de Birks-Chou

- Aos resultados da calibração foram feitos ajustes com expressões fenomenológicas utilizadas para descrever o comportamento de cintiladores orgânicos
- Utilizando a fórmula de Birks-Chou verifica-se um ajuste razoável:

$$f(Z) = A + \frac{BZ^2}{1 + CZ^2 + DZ^4}$$

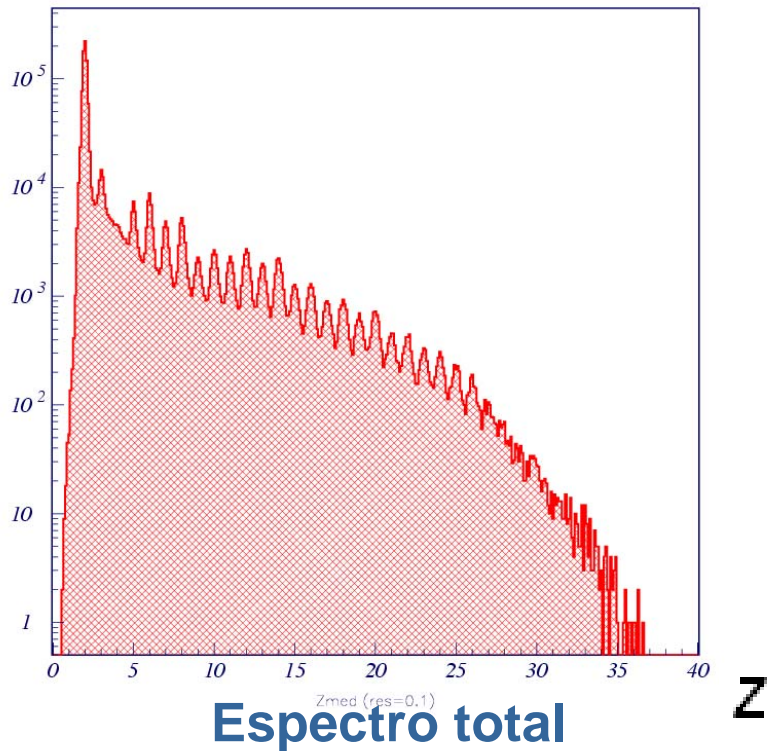
⇓

$$\varepsilon(Z) = \frac{1}{1 + CZ^2 + DZ^4}$$



Cintiladores: resultados finais

- Espectro total para $Z_{\text{rec}} = (Z_1 + Z_2)/2$: picos claros até $Z = 26$
- Espectro após selecção de eventos (compatibilidade entre Z_1 e Z_2 , i. e., $|Z_1 - Z_2| < 0.5$): seleccionados 78% dos eventos

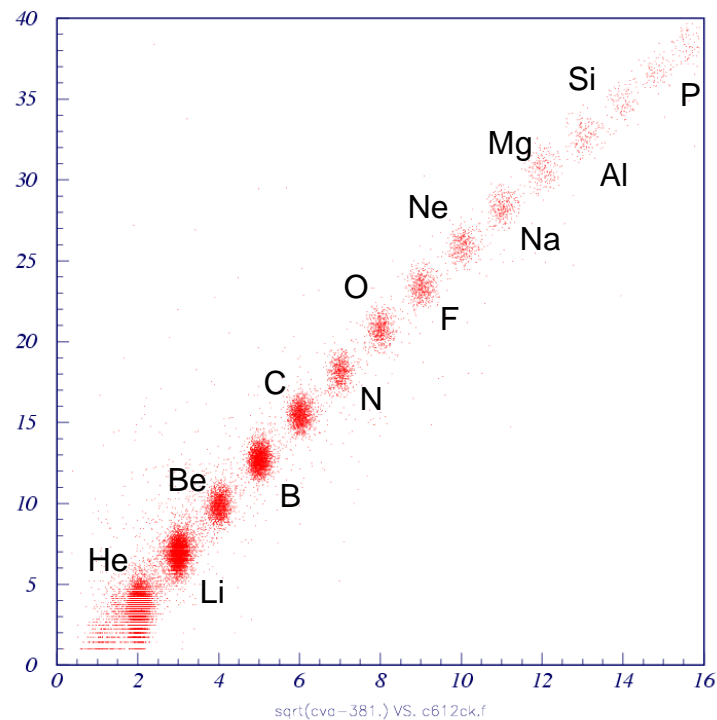
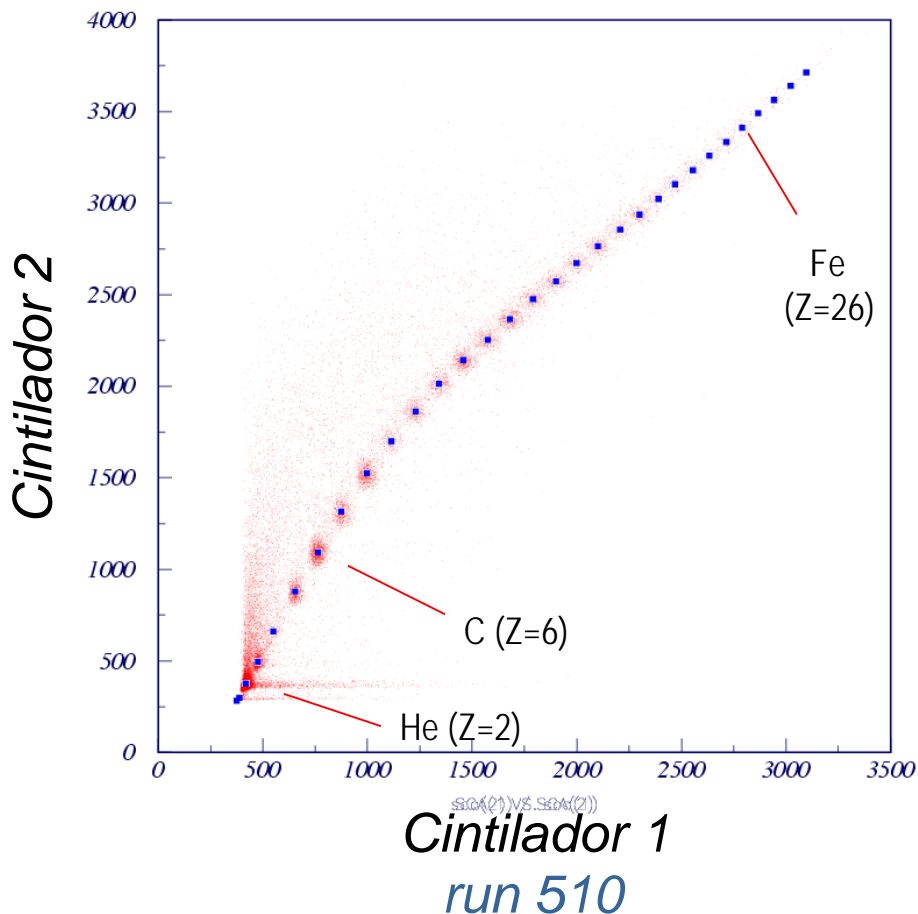


27 runs – 1.70×10^6 eventos

Cintiladores: qualidade dos resultados

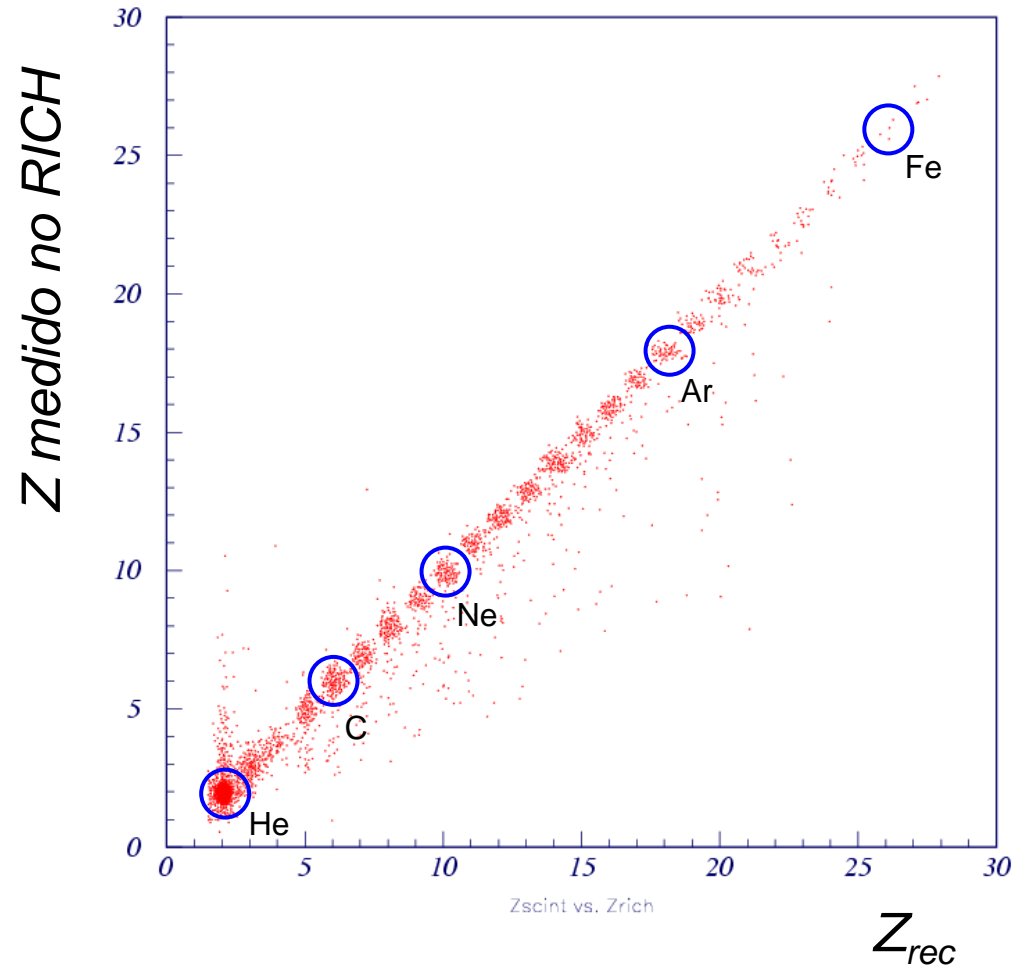
- Excelente acordo entre os valores da calibração e os dados originais

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



Cintiladores: 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

Conclusões

- No âmbito da experiência AMS foram realizados vários testes em feixe
- O grupo do LIP participou na tomada de dados e na sua análise
- O estudo da emissão de luz dos radiadores constituiu um contributo importante para a escolha do aerogel a utilizar no detector final
- A análise da resposta dos cintiladores permitiu obter uma medida independente da carga e comprovar o bom funcionamento do protótipo do RICH de AMS

