

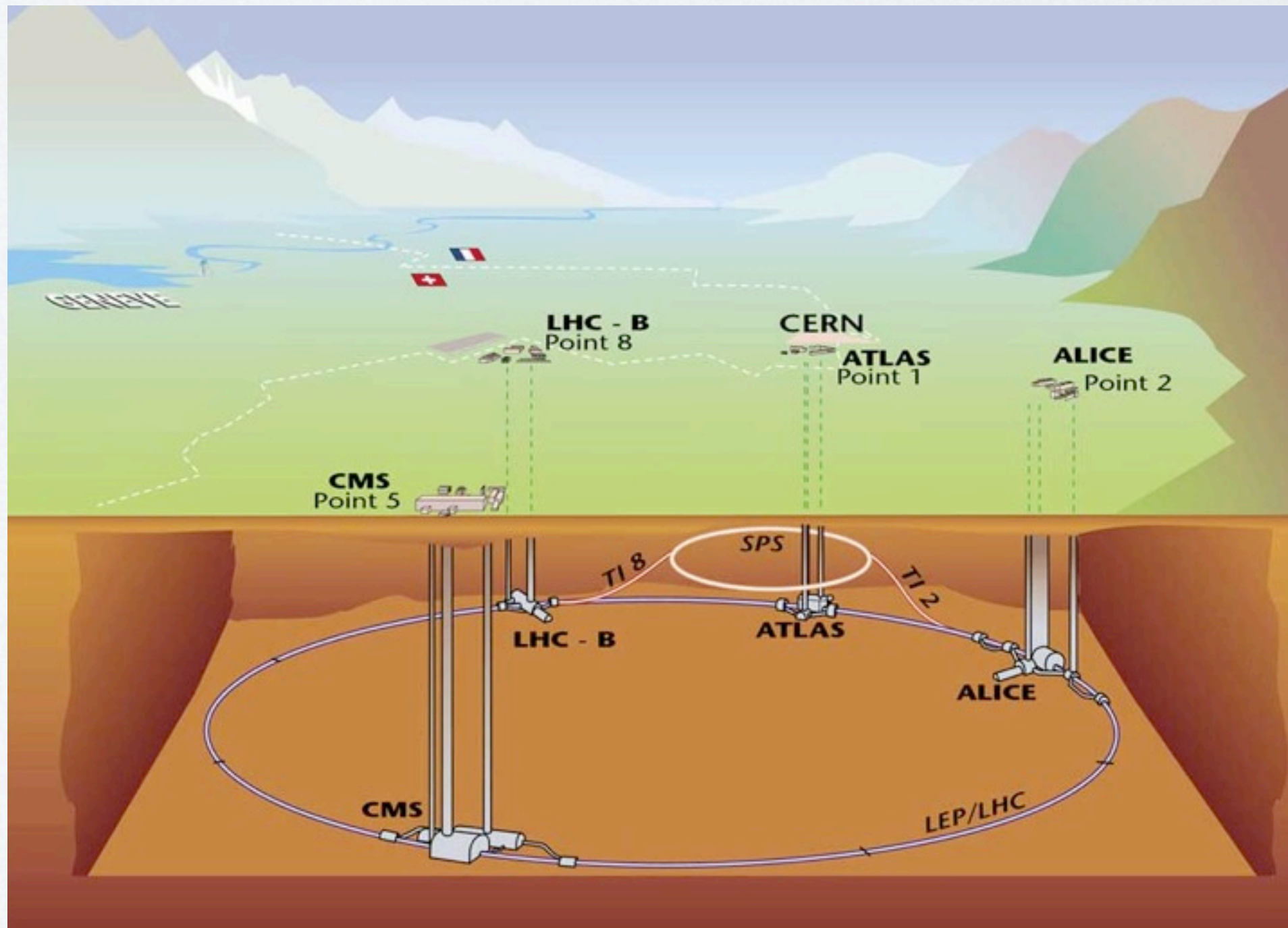
O sistema LASER em estudos de estabilidade e de linearidade dos fotomultiplicadores do TileCal em ATLAS

Bruno Galhardo

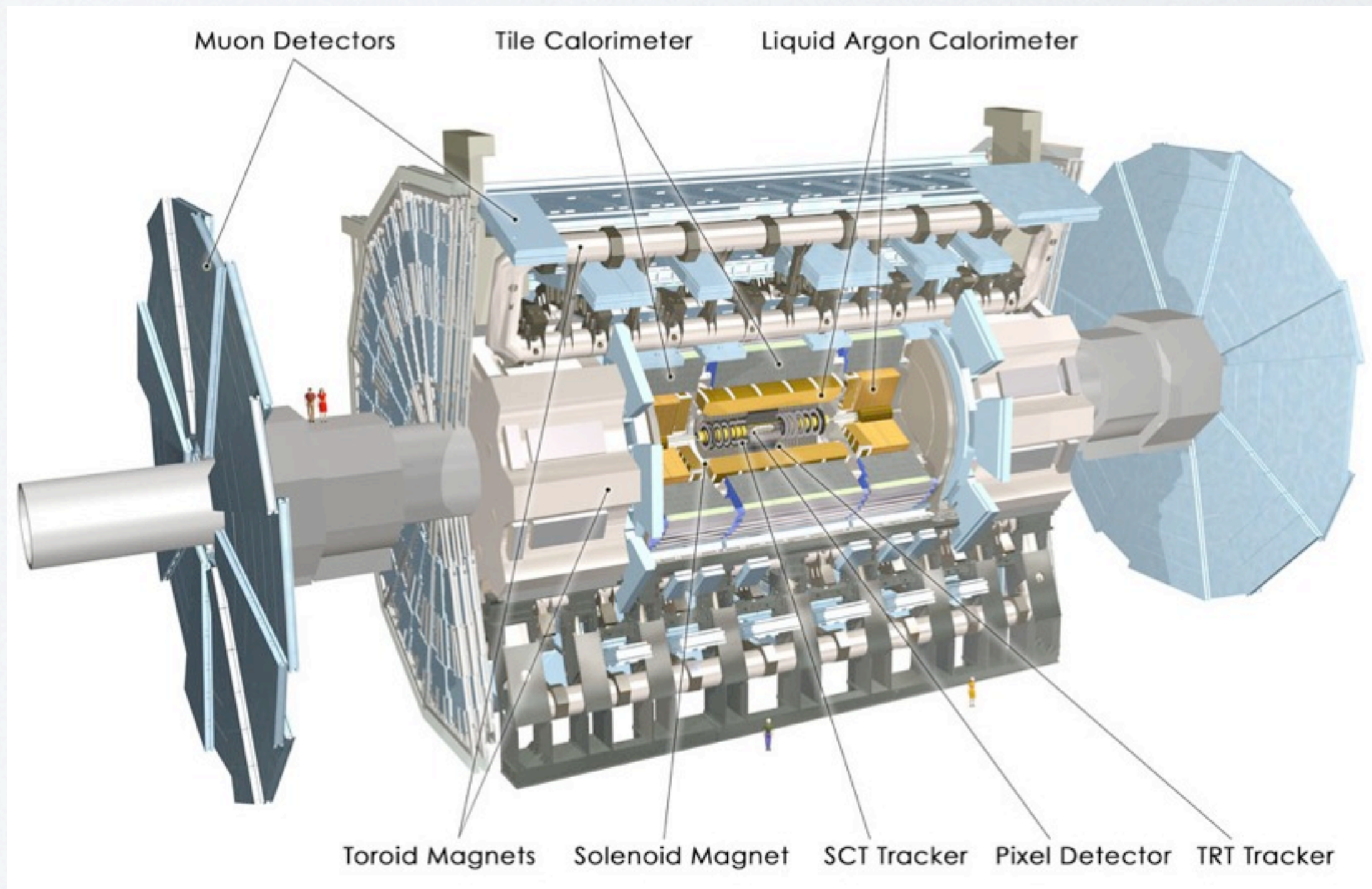
Outline

- LHC, ATLAS, TileCal
- Sistemas de Calibração
- Sistema LASER
- Estabilidade
- Linearidade
- Conclusões

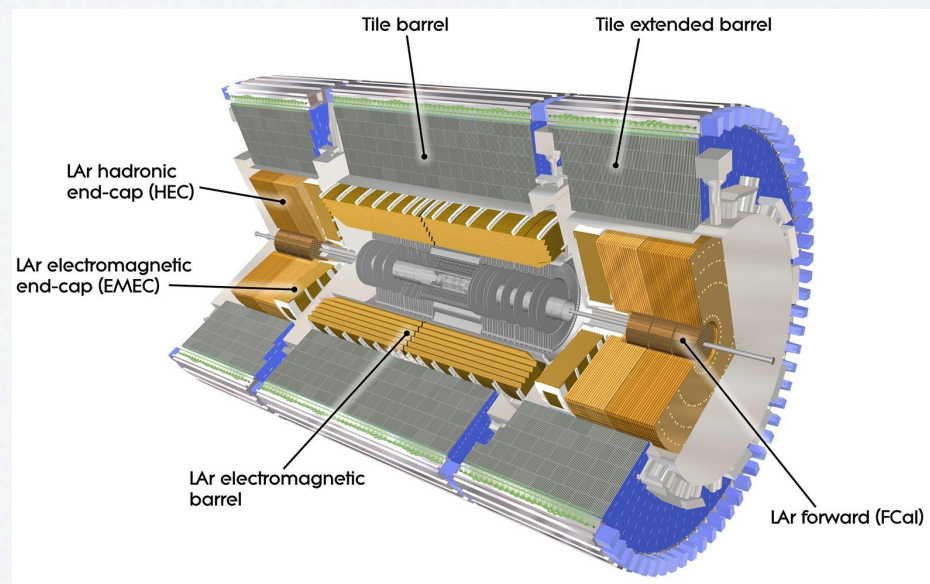
LHC



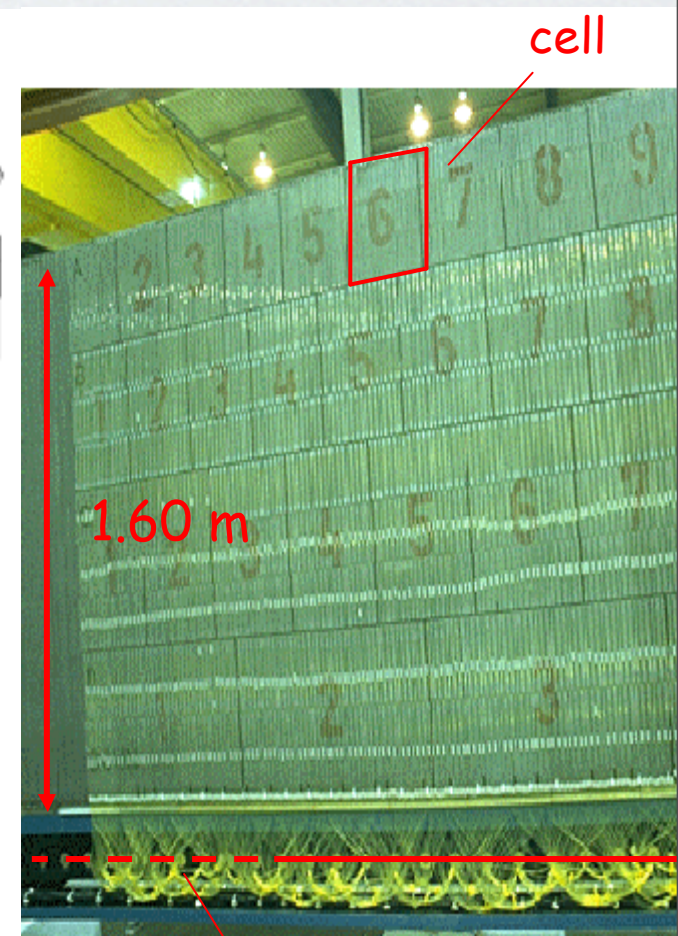
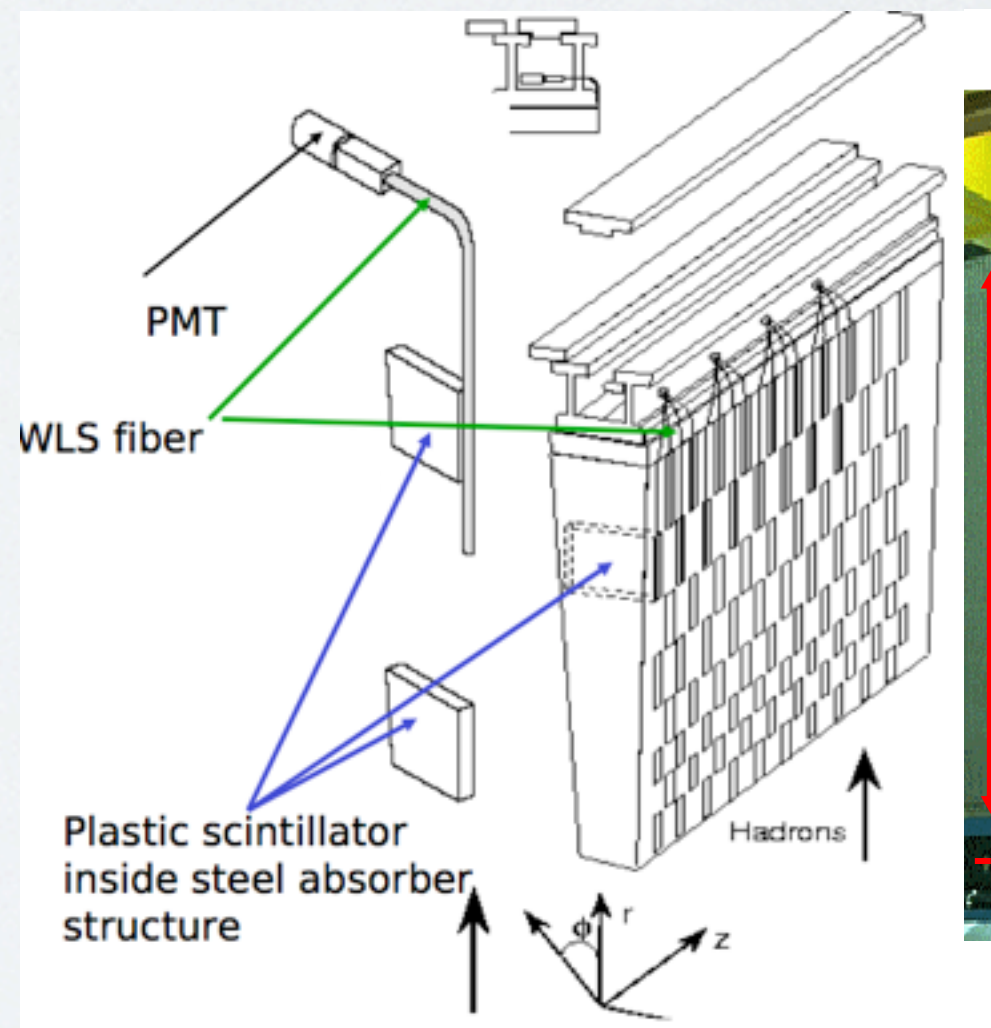
ATLAS



TileCal

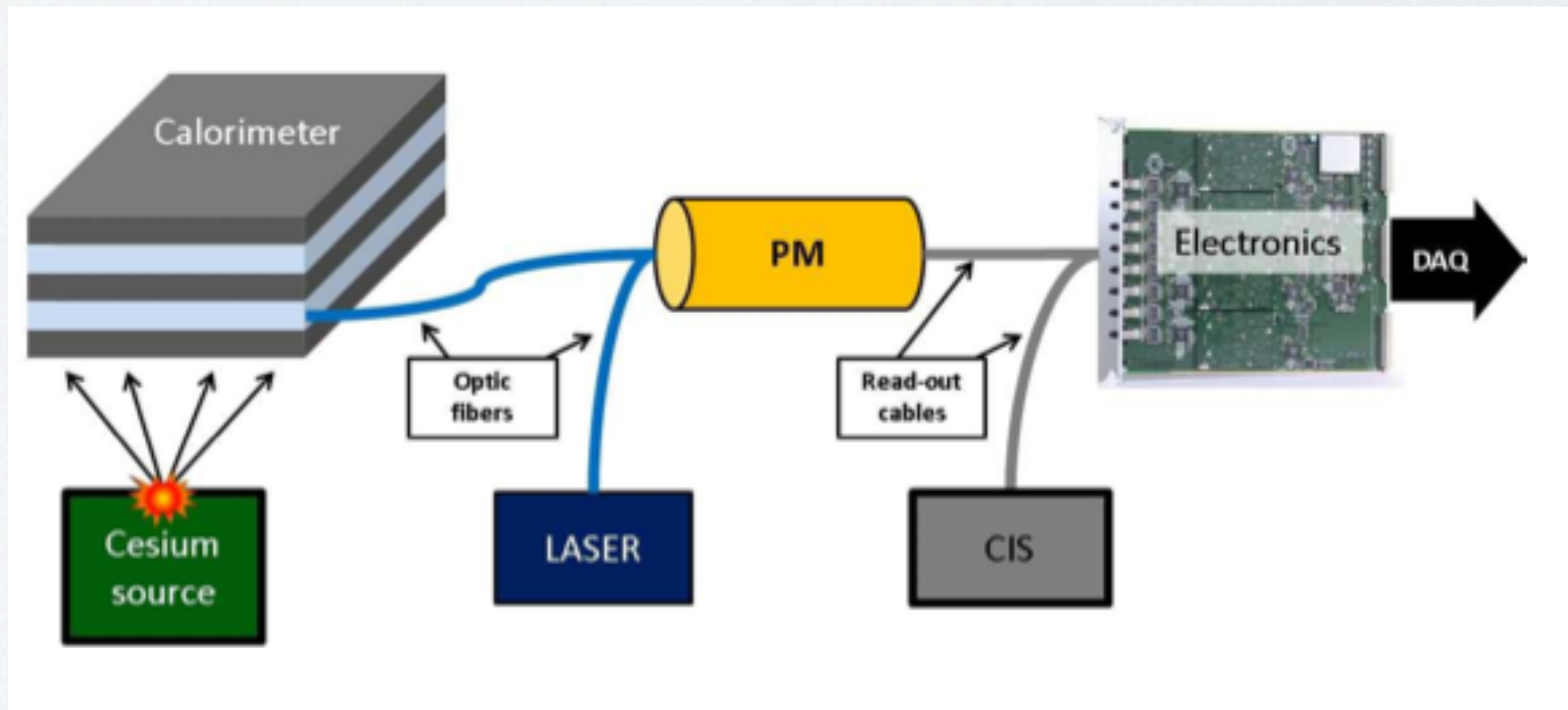


Mede a radiação produzida por partículas carregadas nos cintiladores plásticos



Módulo do TileCal

Sistemas de calibração



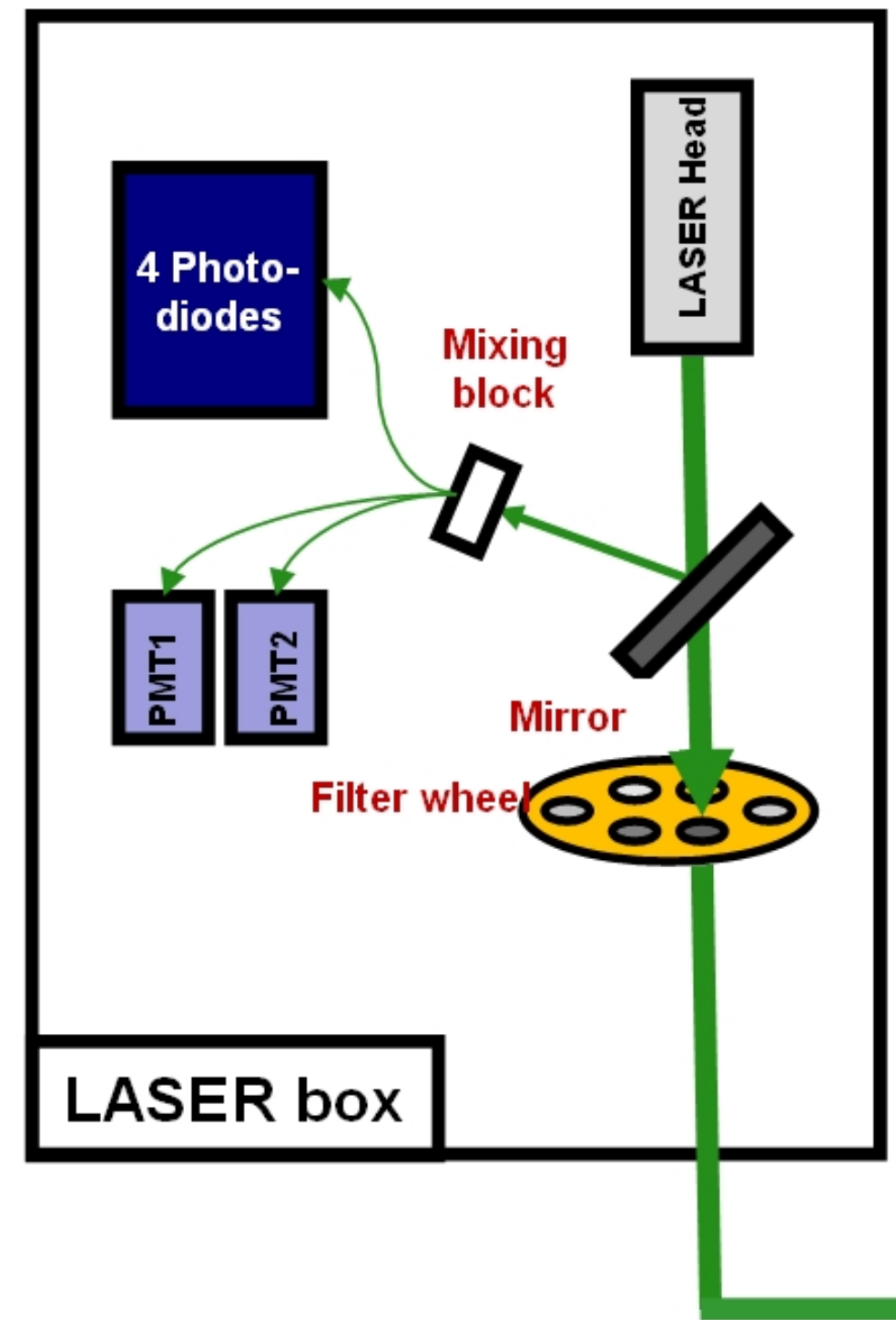
- O objectivo da calibração é minimizar a diferença entre a energia da partícula e a energia reconstruída pelo detector
- Diferentes sistemas monitorizam e calibram diferentes partes do TileCal

Sistema LASER

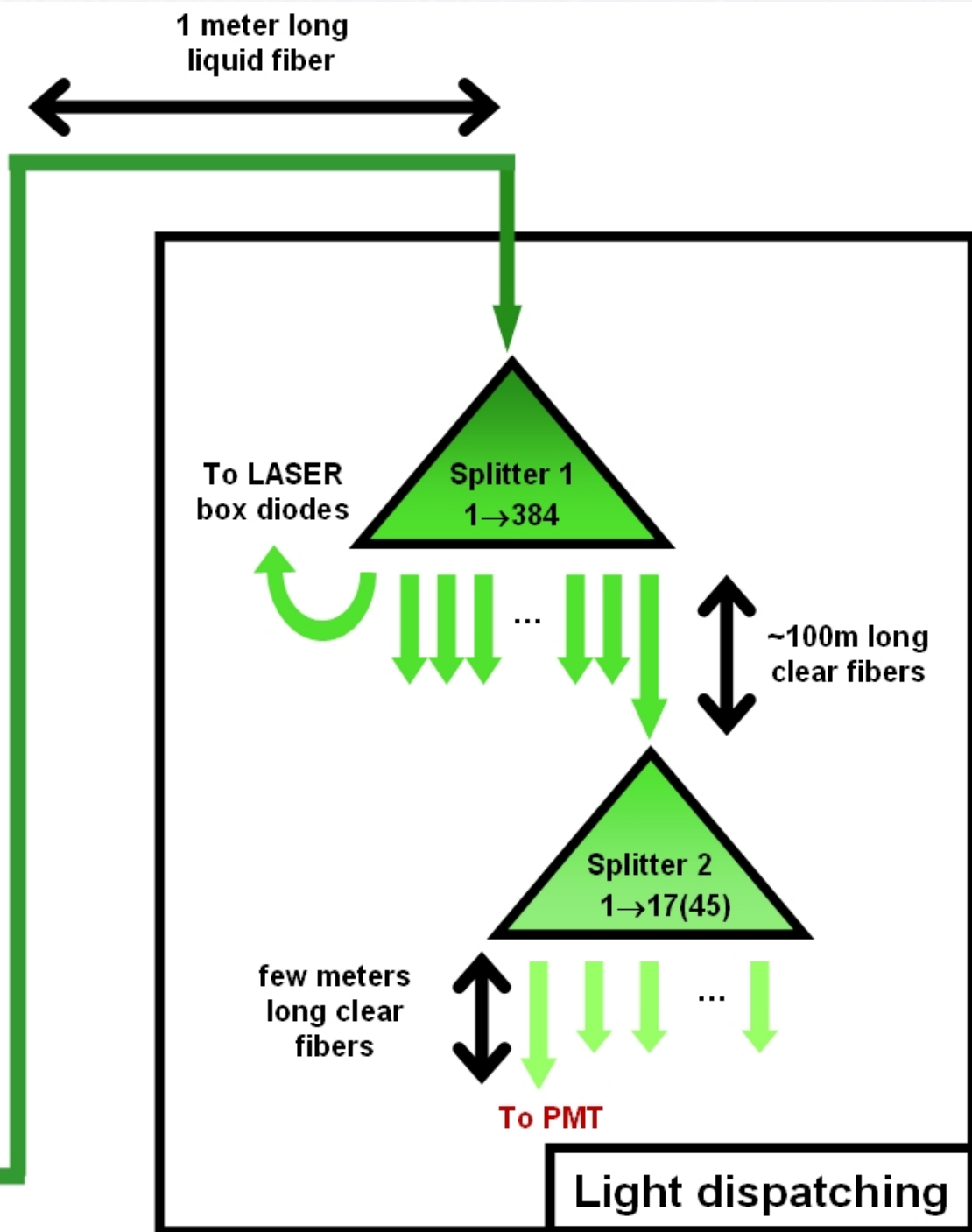
- Pulsos do LASER produzem uma resposta nos PMTs semelhante aos sinais produzidos por partículas, com a vantagem que, no caso do LASER conhecemos com precisão a energia inicial
- A monitorização do sistema é importante uma vez que a resolução de energia vai depender bastante da nossa compreensão da resposta dos PMT
- Principal objectivo: medir a **estabilidade** e **linearidade** dos 9852 PMTS usados no detector

LASER box

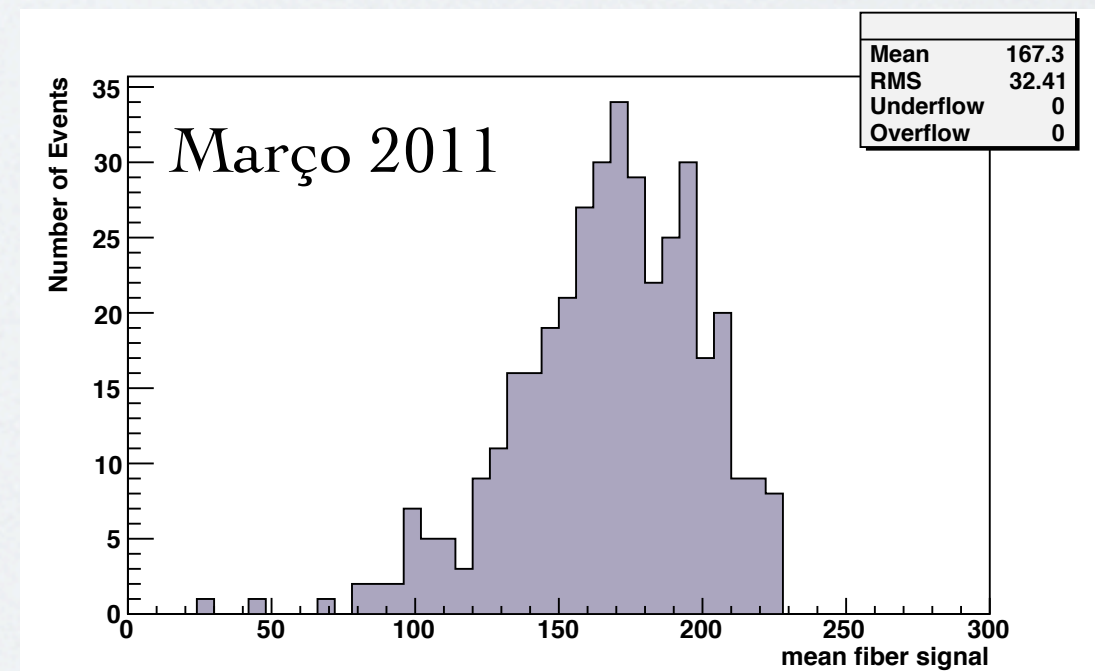
- **LASER** - capaz de iluminar os 9852 PMTs do TileCal
- **Espelho semi reflector** - divide a luz entre o PD1/PMTs e o TileCal
- **4 fotodiodos** - possibilitam medida independente do sinal do LASER
- **2 PMTs** - usados no trigger dos eventos de LASER
- **Roda com 8 filtros** - cada filtro com 1 atenuação, que possibilitam cobrir todo o intervalo de energias do TileCal [100MeV - 1.5TeV]



Distribuição de luz



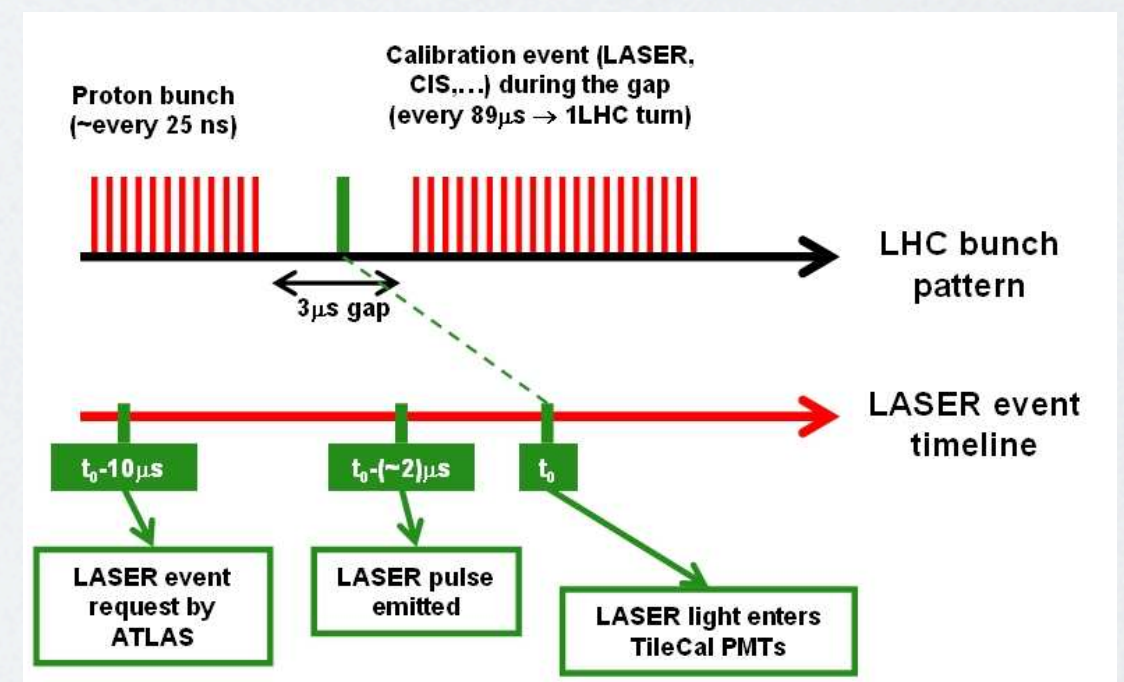
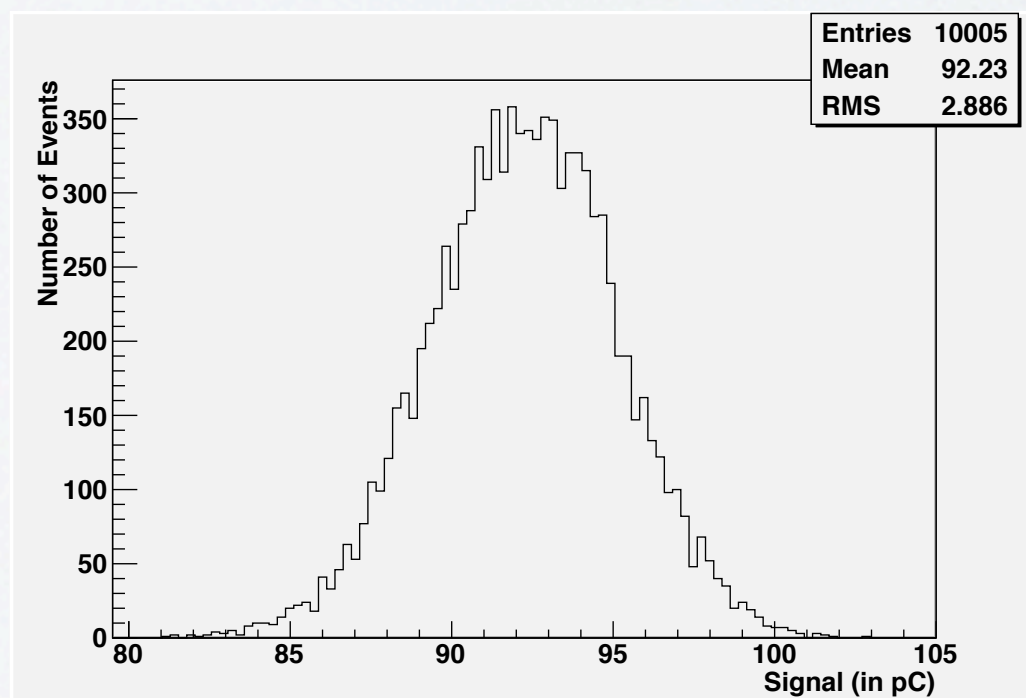
- **1° Splitter** - localizado perto da Laser box, divide o feixe em 384 fibras que vão para os módulos do TileCal (3 fibras vão para 3 fotodíodos da LASER box)



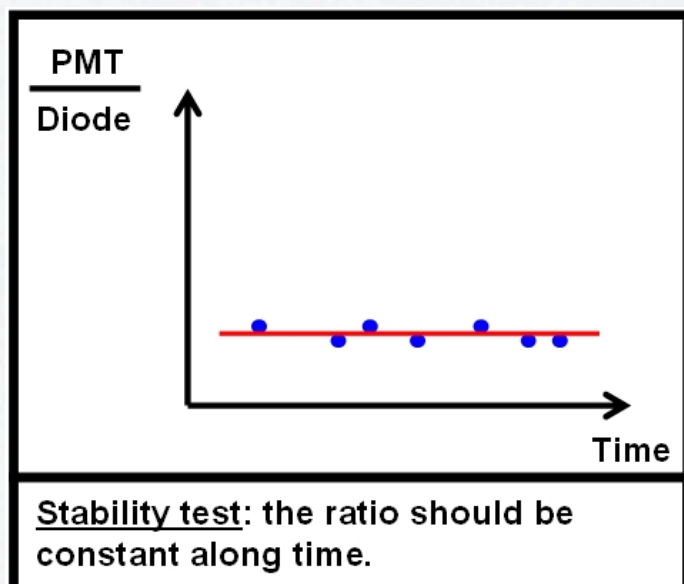
- **2° Splitter** - divide a luz para cada um dos PMTs

Runs de LASER

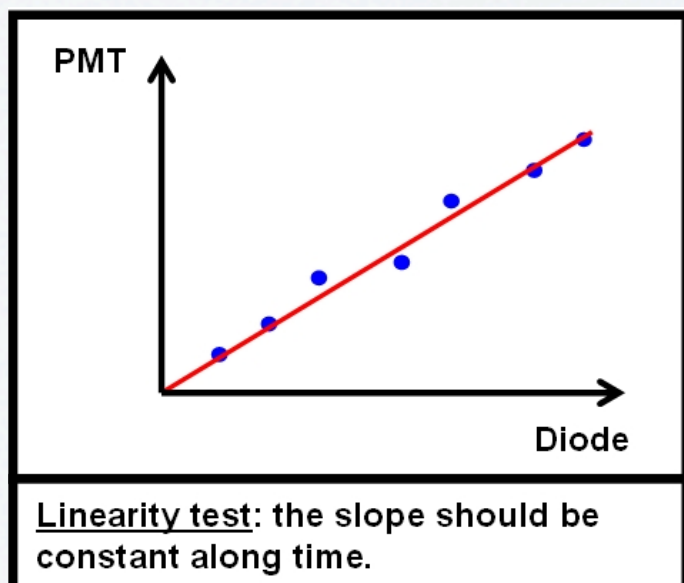
- Semanalmente são efectuadas runs de LASER para monitorização dos PMTs, para ganho alto (filtro 8) e baixo (filtro 6).
- Adicionalmente, durante runs de física, impulsos de LASER são enviados nos gaps das partículas para verificar o estado das PMTs durante a aquisição de dados



Monitorização e Calibração

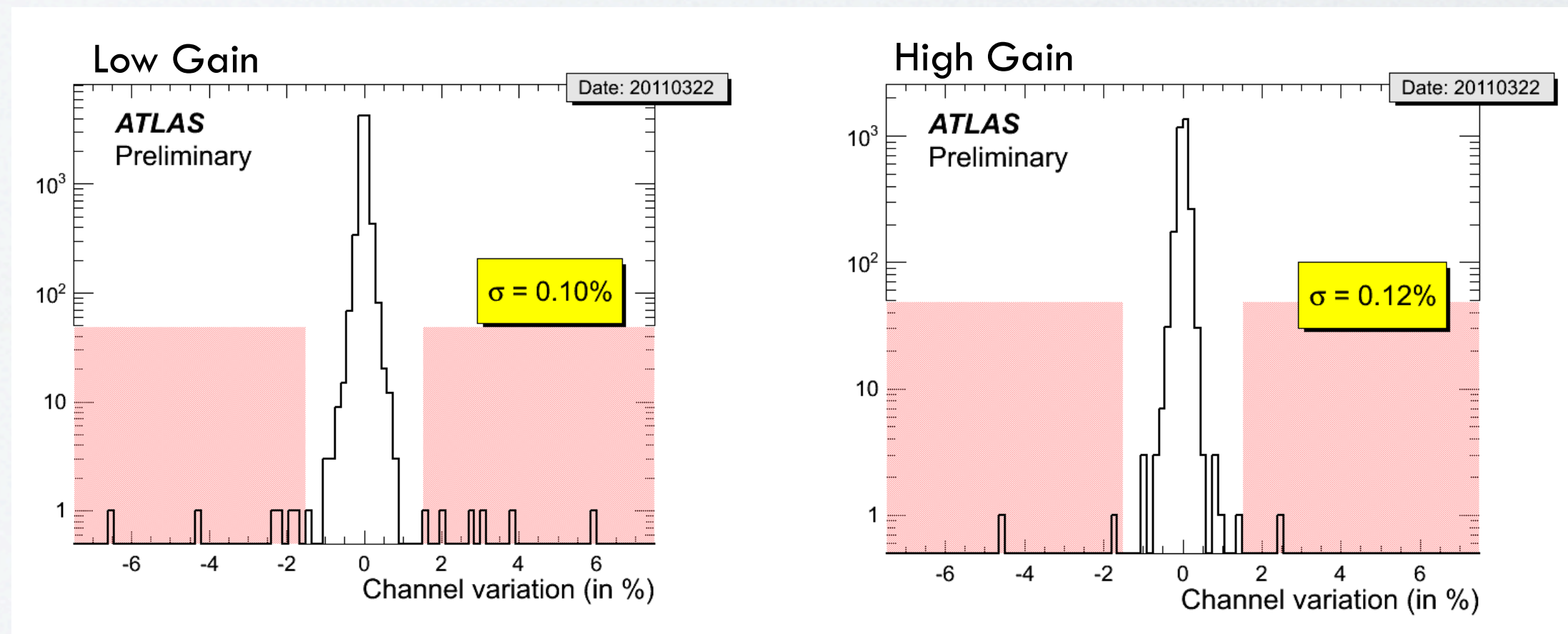


- **Estabilidade** - A resposta do PMT tem de ser constante no tempo



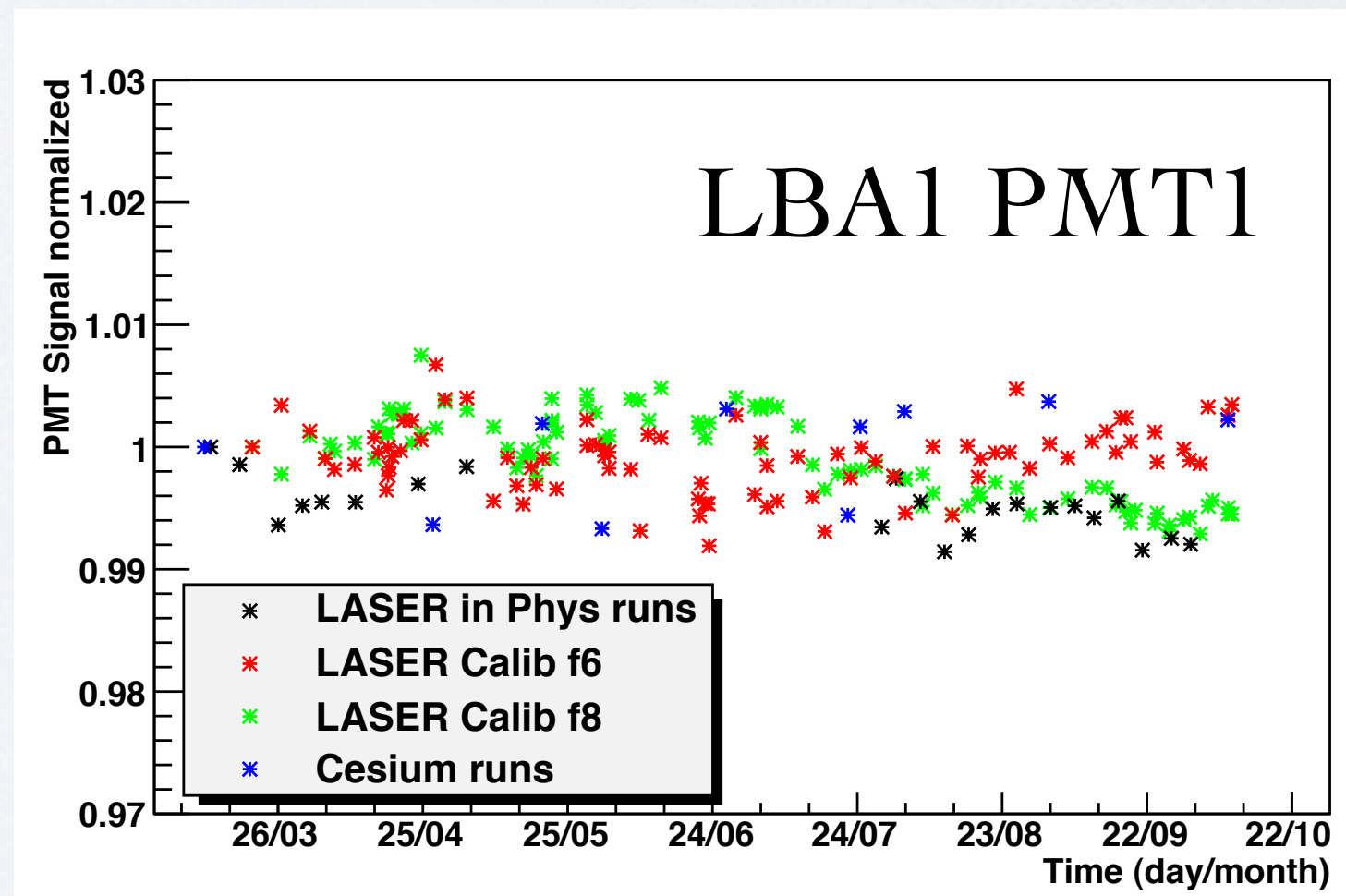
- **Linearidade** - A resposta de um PMT tem de aumentar linearmente com a energia

Estabilidade



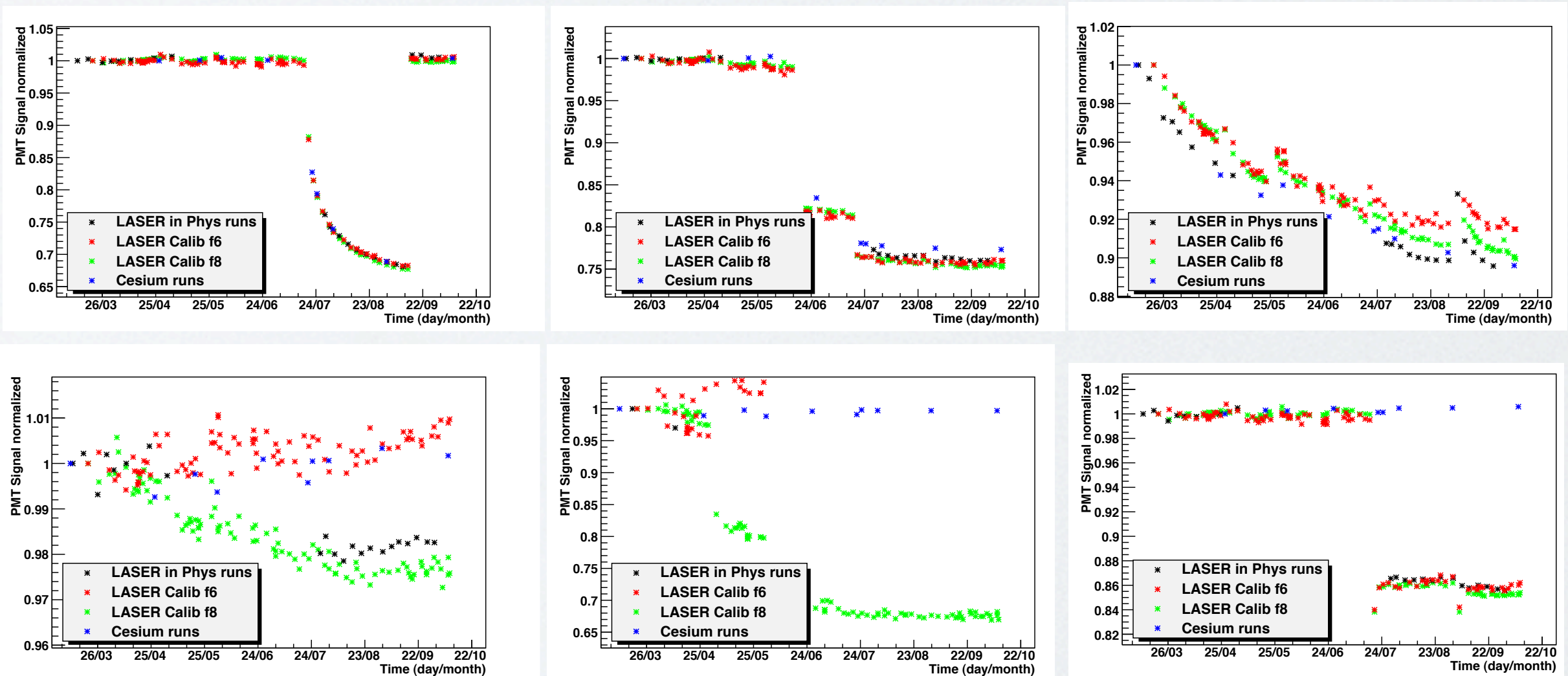
- Variação relativa numa run de 22/03/2011, para todas as PMTs desde a run anterior.

Estabilidade com o tempo



- Estabilidade de 1 PMT entre Março e Outubro 2010
- Resultados normalizados aos fotodíodos
- Variações menores que 1%

Correlação entre runs



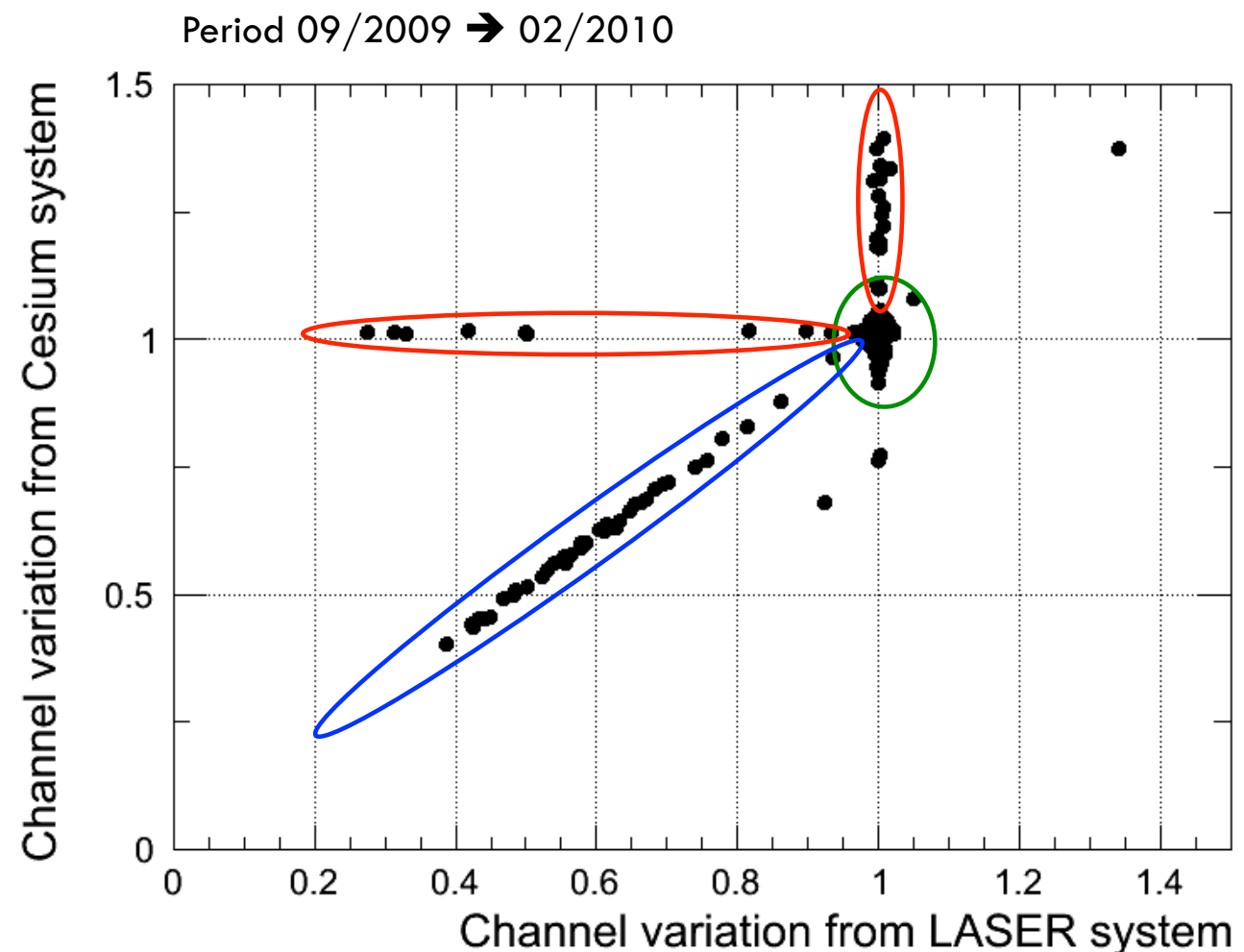
- Informação das diferentes runs são úteis para perceber a origem do problema de um determinado PMT

Comparação com o Cesium

Case 1 : Small variations

Case 2 : Significant variations
Seen by Las and Cs

Case 3 : Disagreement
between Las and Cs

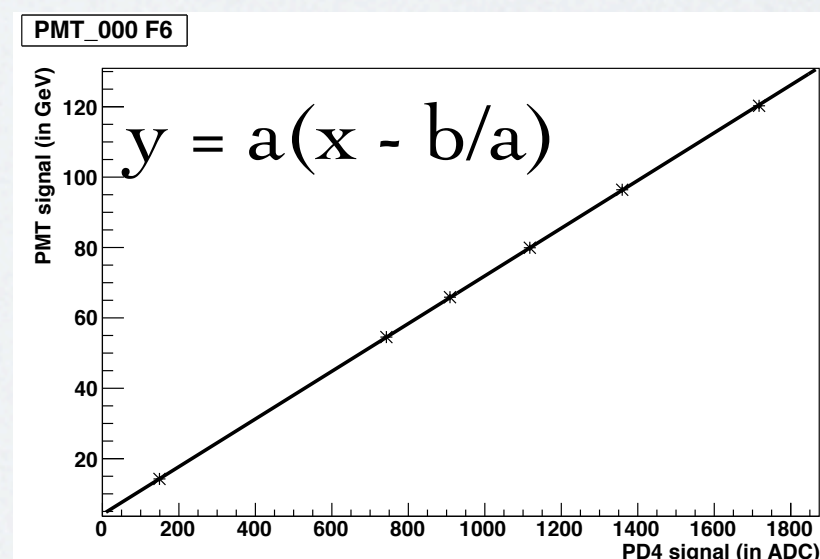
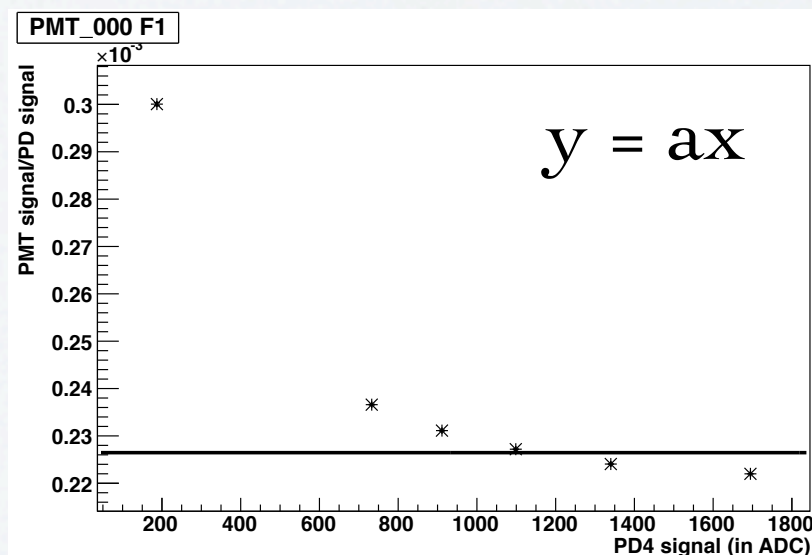


- Com algumas exceções, para variações maiores que 3%, quando o LASER mede uma grande variação o Cesium mede a mesma variação

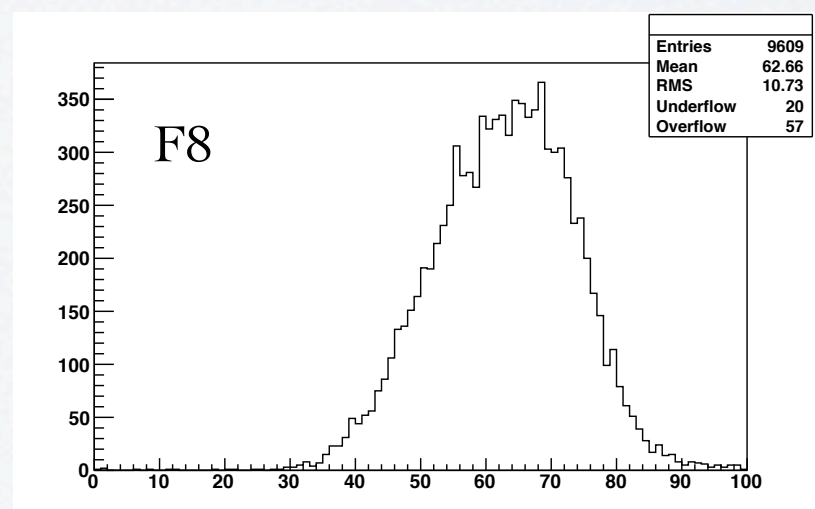
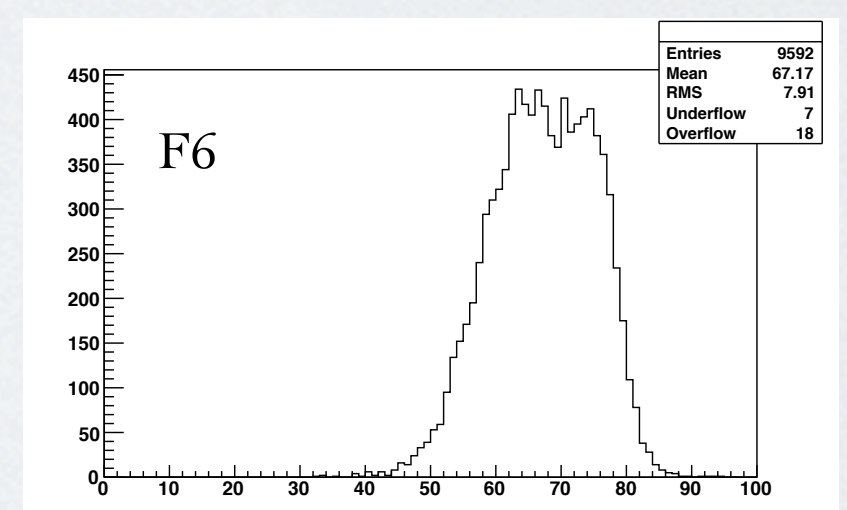
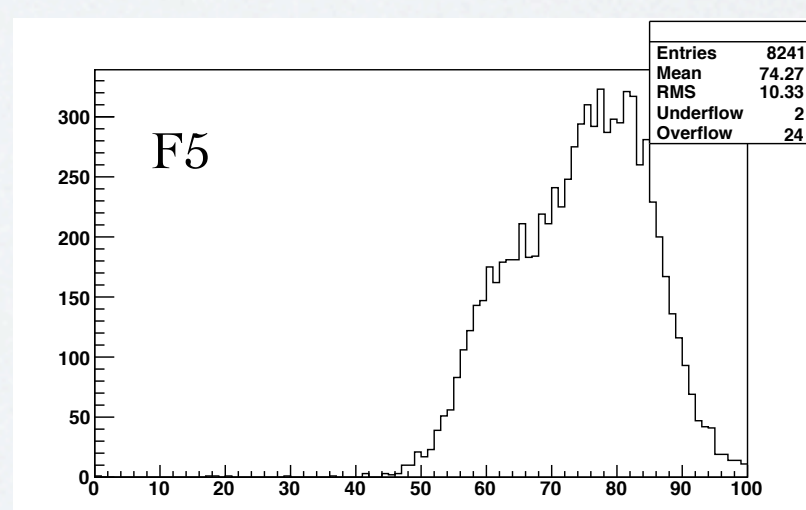
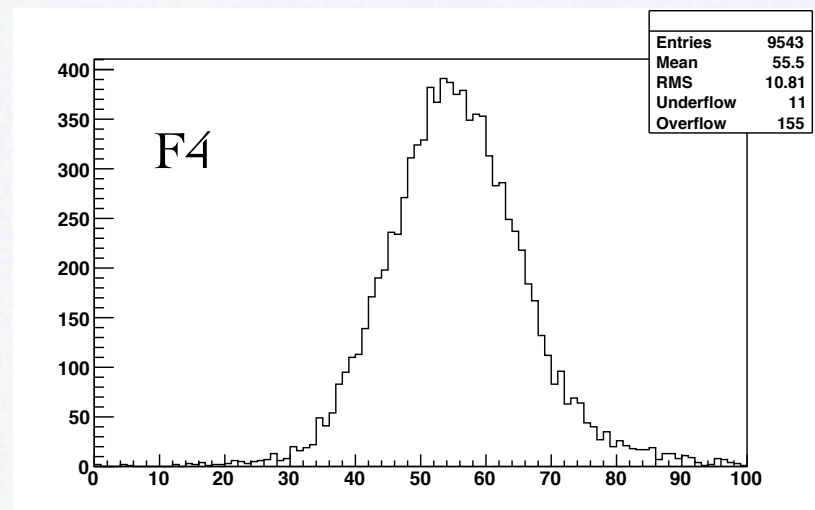
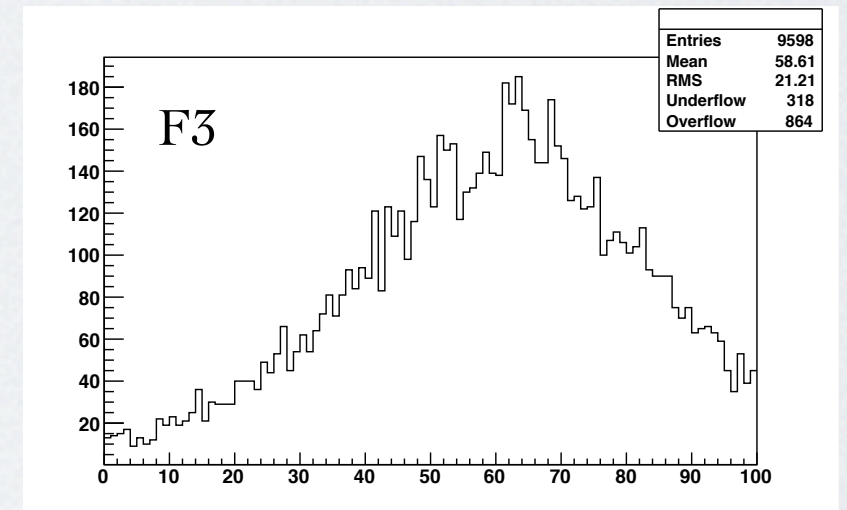
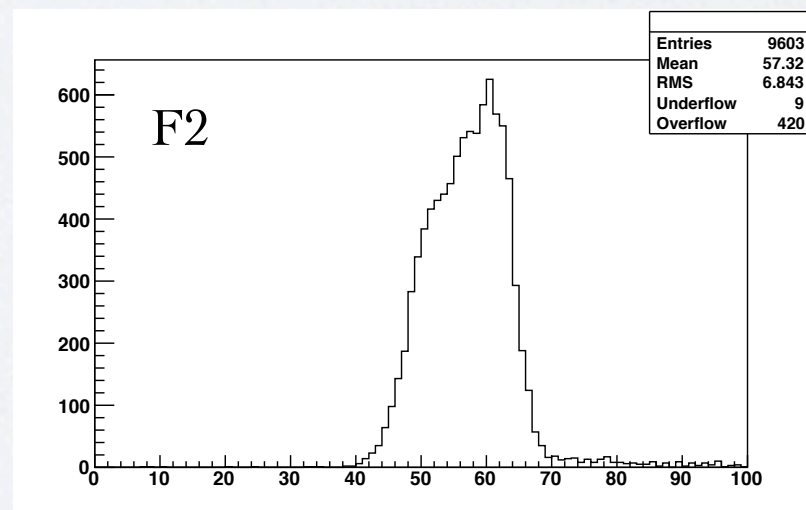
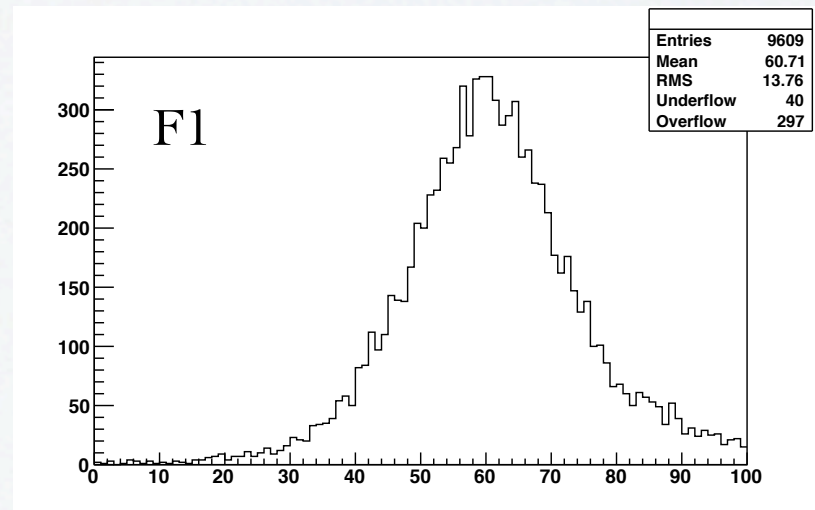
Linearidade

- Runs para 7 filtros diferentes
- Com 6 intensidades de LASER: 14k, 18k, 22k, 26k, 28k and 30k
- Não se consideram sinais maiores que 700GeV onde se começa a verificar não linearidade
- Intervalo do fotodíodo 4 ajustado para cada filtro de forma a conter os sinais de 14k a 30k
- Fit linear (2 parâmetros) para cada filtro $y = a \cdot (x - b/a)$
- Resíduos calculados para cada ponto $\text{Residual} = \frac{\text{fit} - \text{PMT}}{\text{fit}}$

Fit example



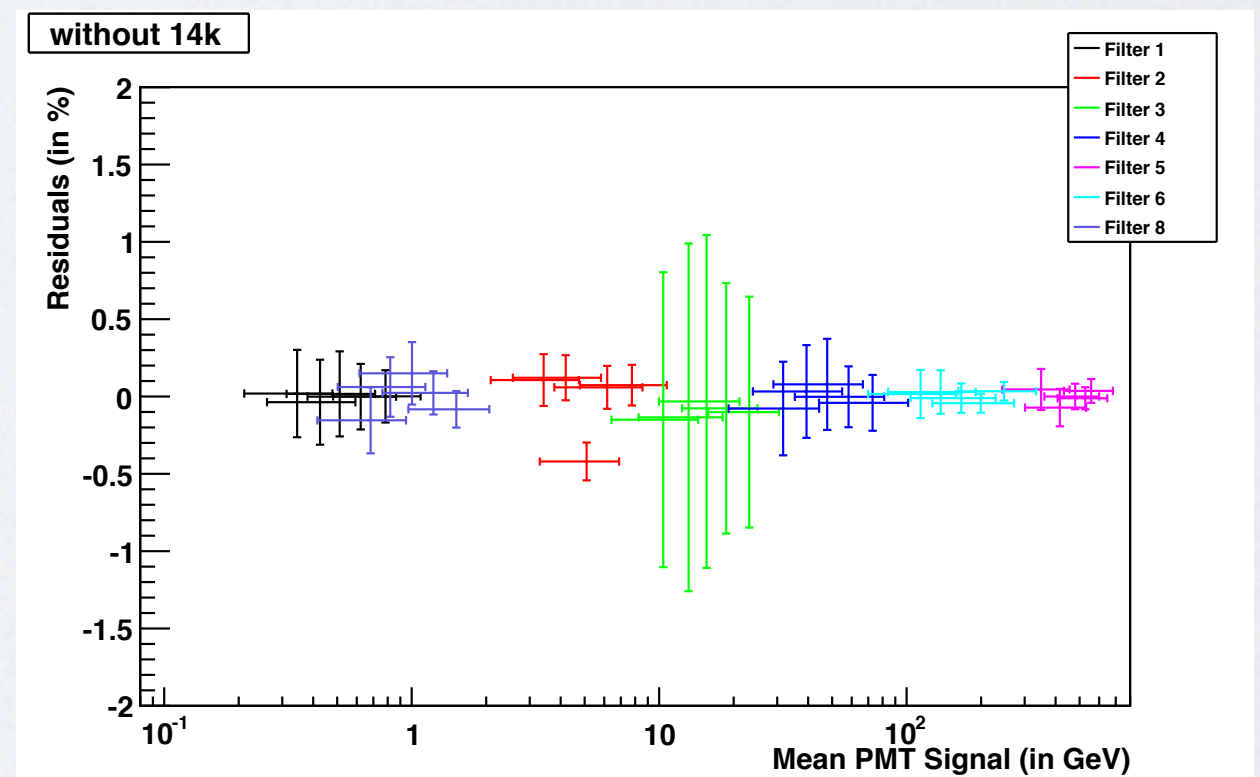
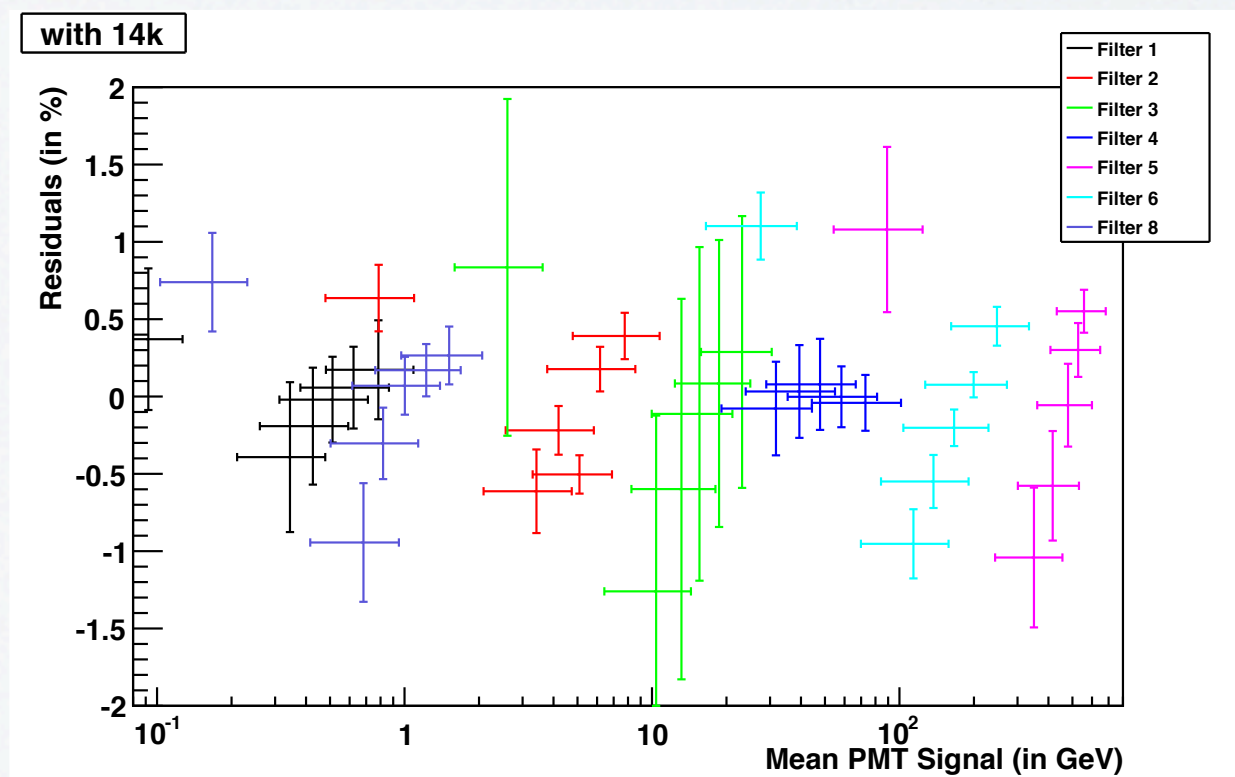
Offsets (b/a)



- Offset atribuido ao PD4
- Valor médio ~60 para todos os filtros
- Parâmetros variam bastante

Resultados

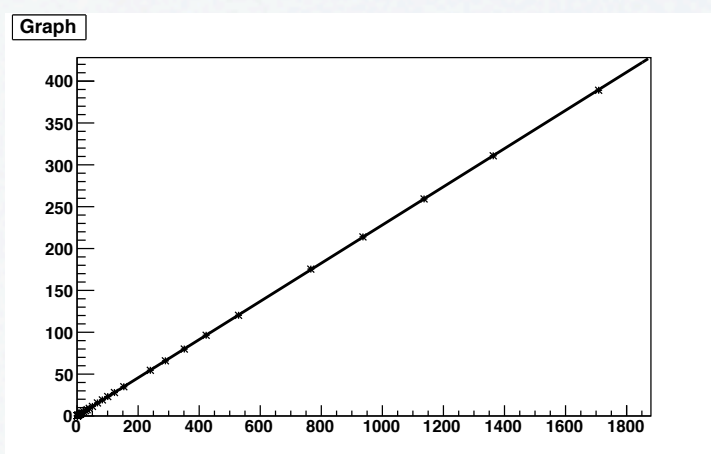
- Plot com o resíduo médio em cada ponto vs o sinal médio de todas as PMTs do TileCal para cada combinação filtro/intensidade
- Os erros são a RMS dos histogramas



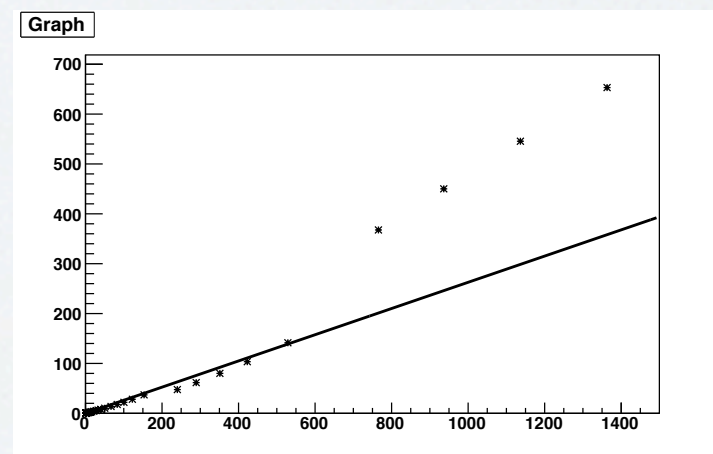
- Removendo o ponto relativo à intensidade de LASER mais baixa, 14k, de cada filtro os resultados centram-se no zero e com variações menores que 0.5%
- Filtro 3 com RMS maior porque o intervalo de energias se encontra na transição entre ganho alto e baixo

Fit com todos os filtros

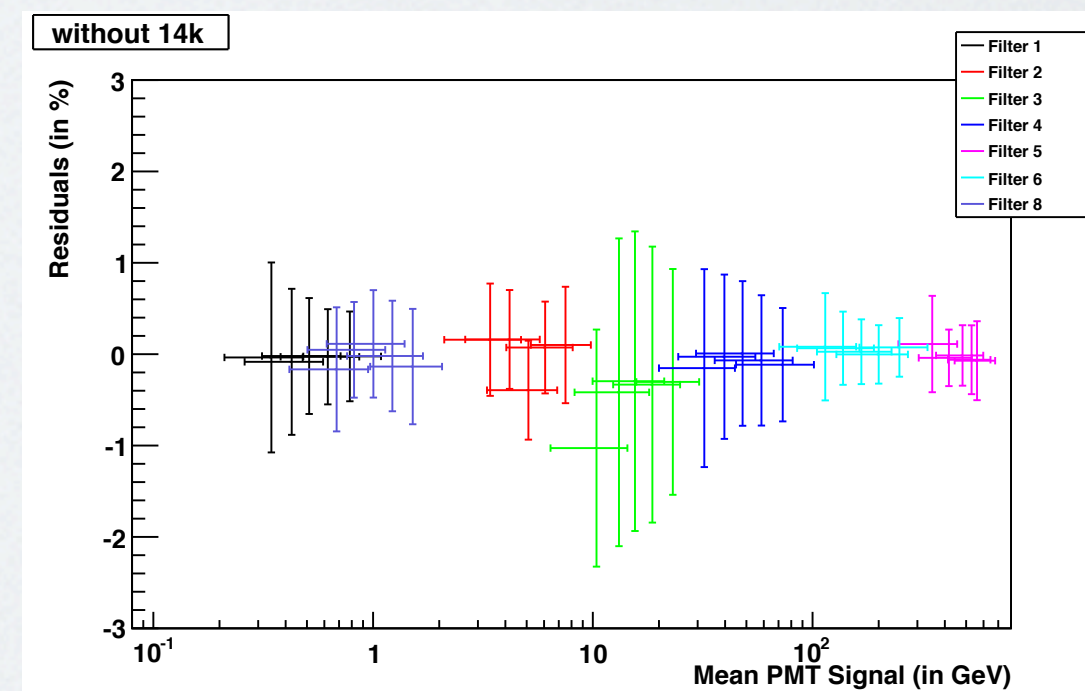
- Aplicando a correção f em cada fit por filtro $y = a.f.(x - b')$
- f para cada filtro é normalizado ao f_5 para cancelar erros sistemáticos
- O valor do PD é corrigido com o valor médio b' tirado dos fits individuais



Fit example

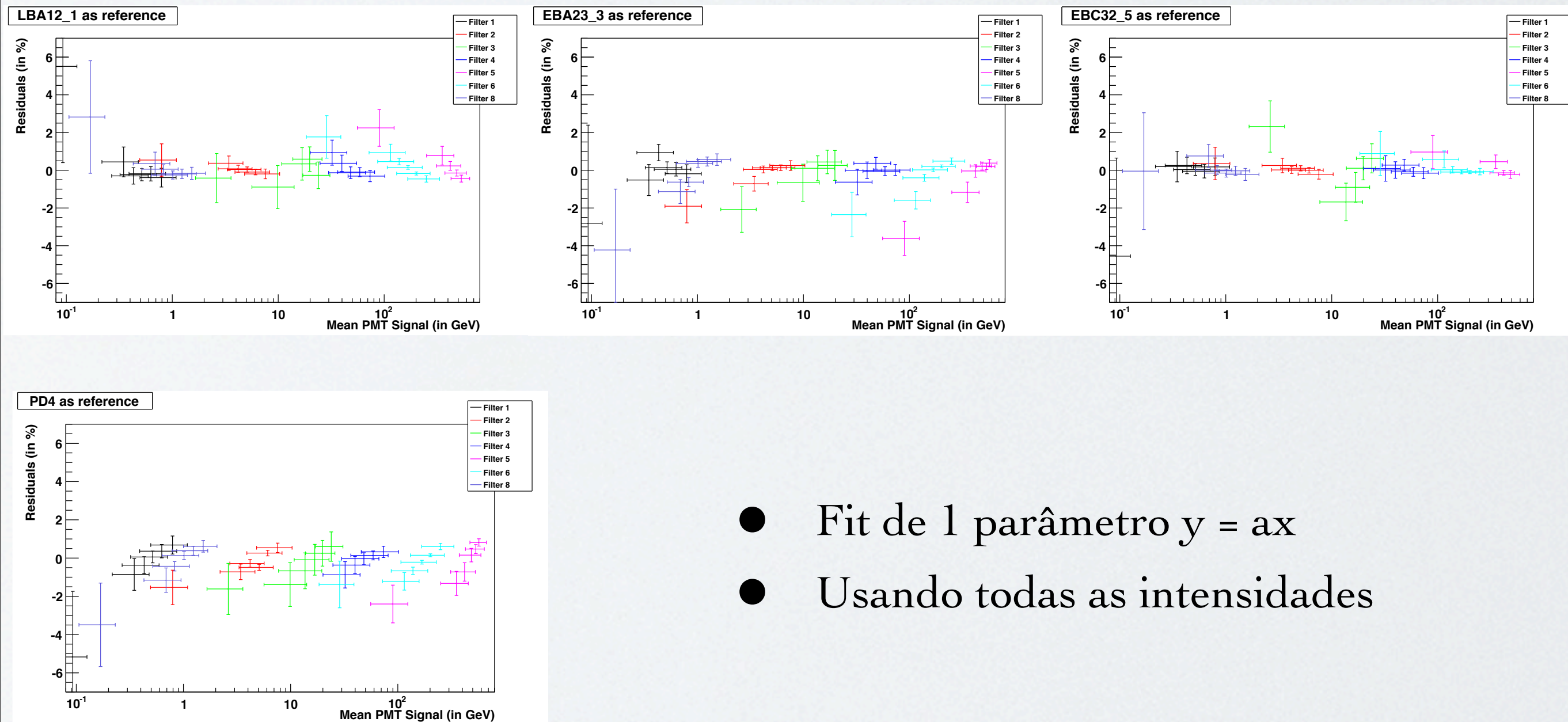


Bad fit example

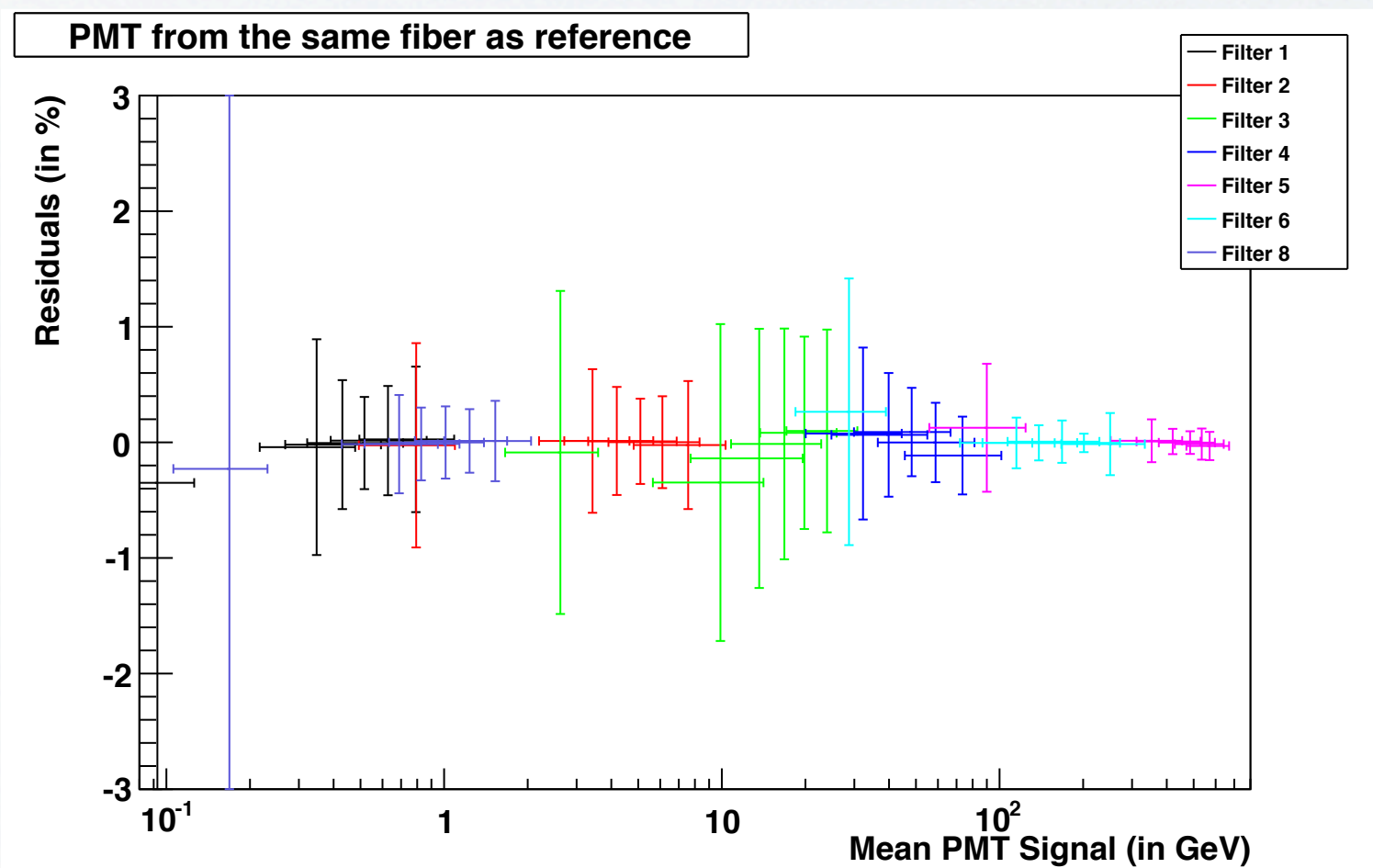


- Parâmetro f tem elevada precisão, baixo RMS
- Maior fonte de erros vem de b' . O qual tem grande impacto para alguns PMTs
- Não é uma boa maneira de identificar as “más” PMTs.

PMT aleatória do TileCal como referência

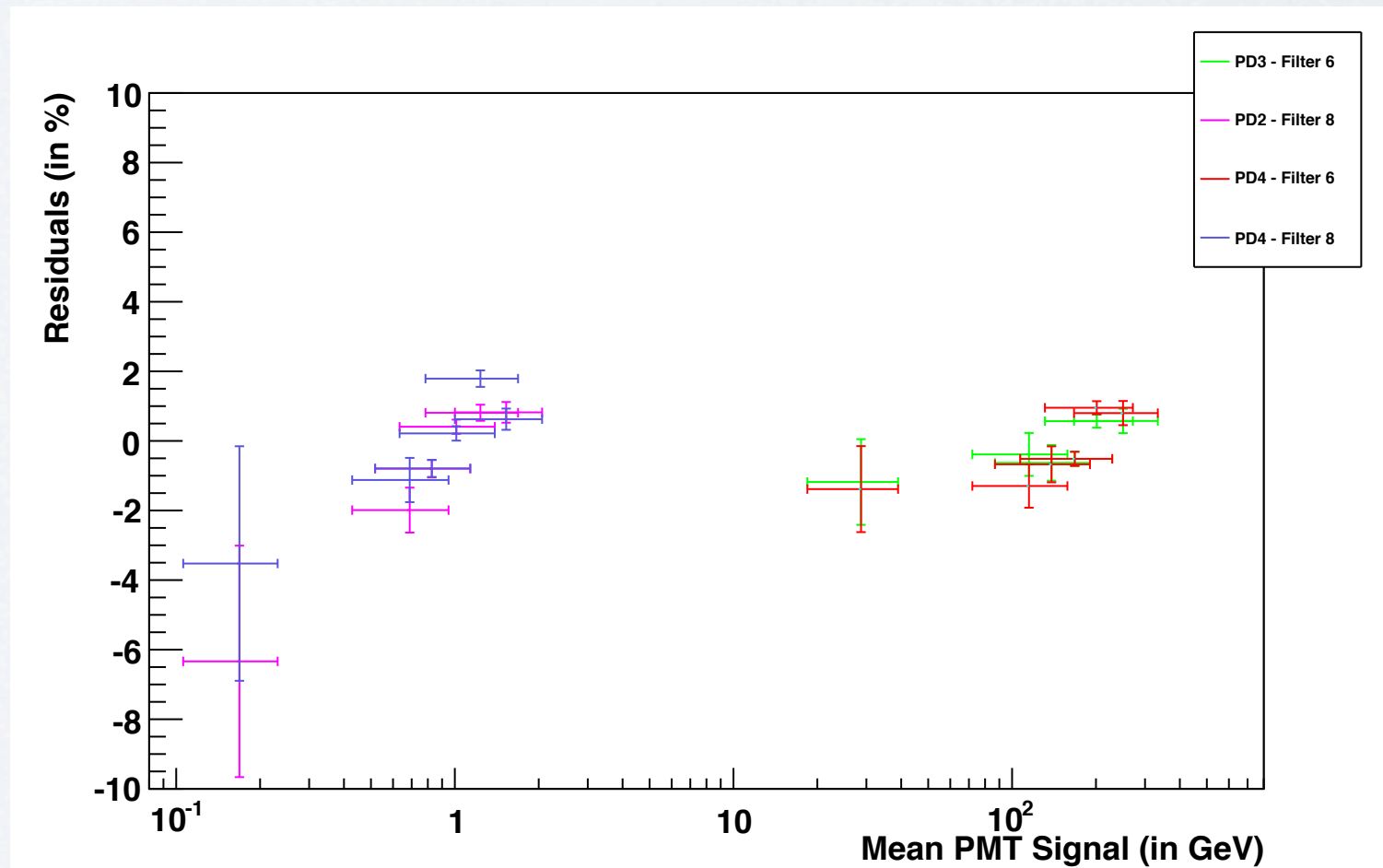


PMT da mesma fibra como referência



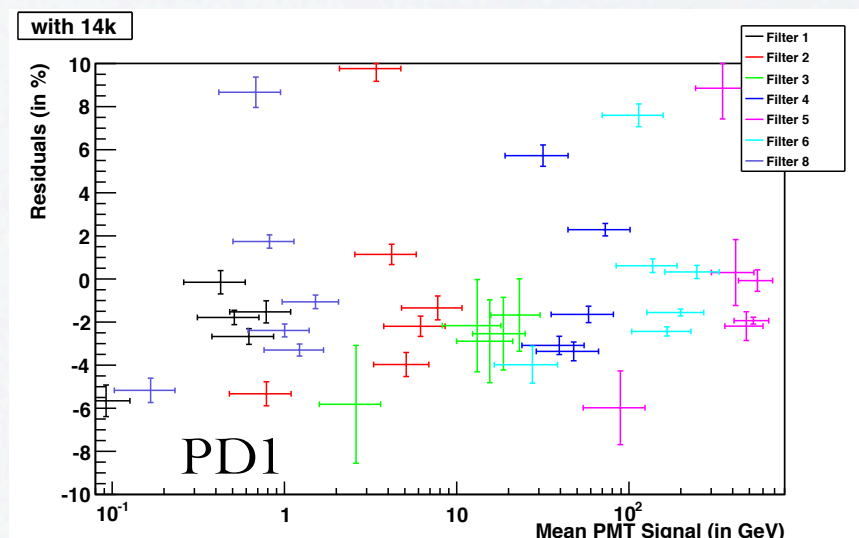
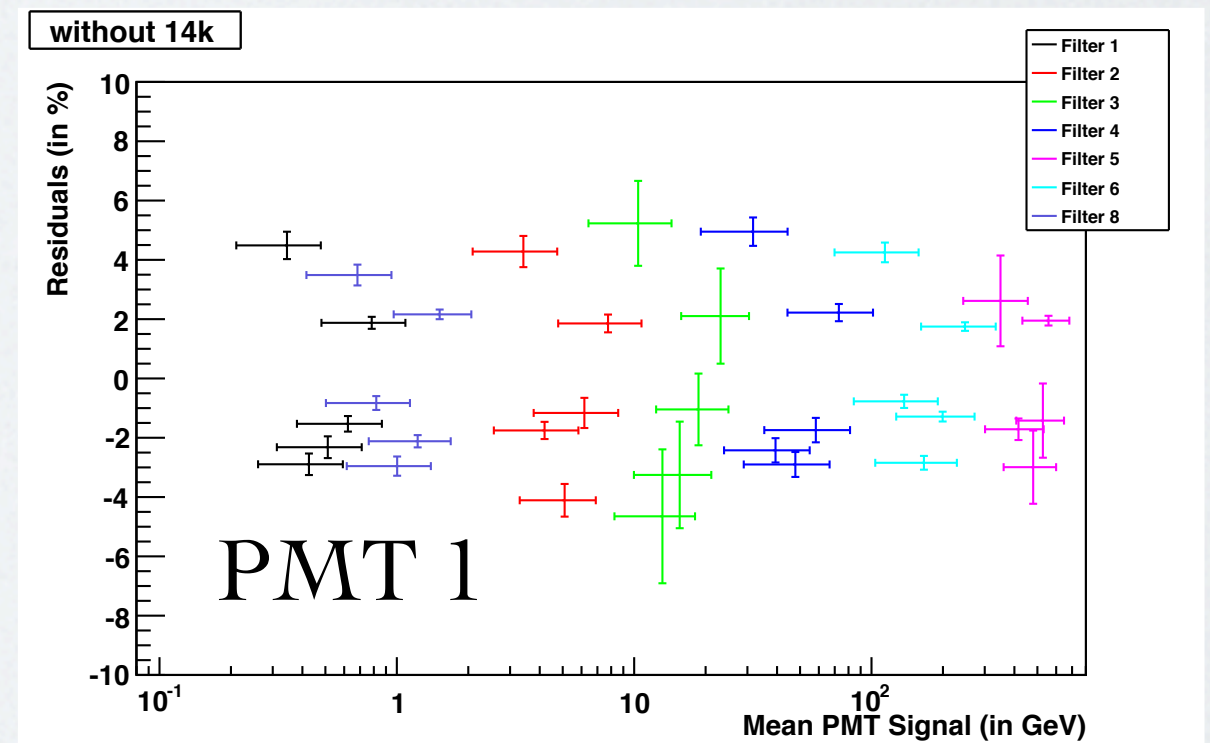
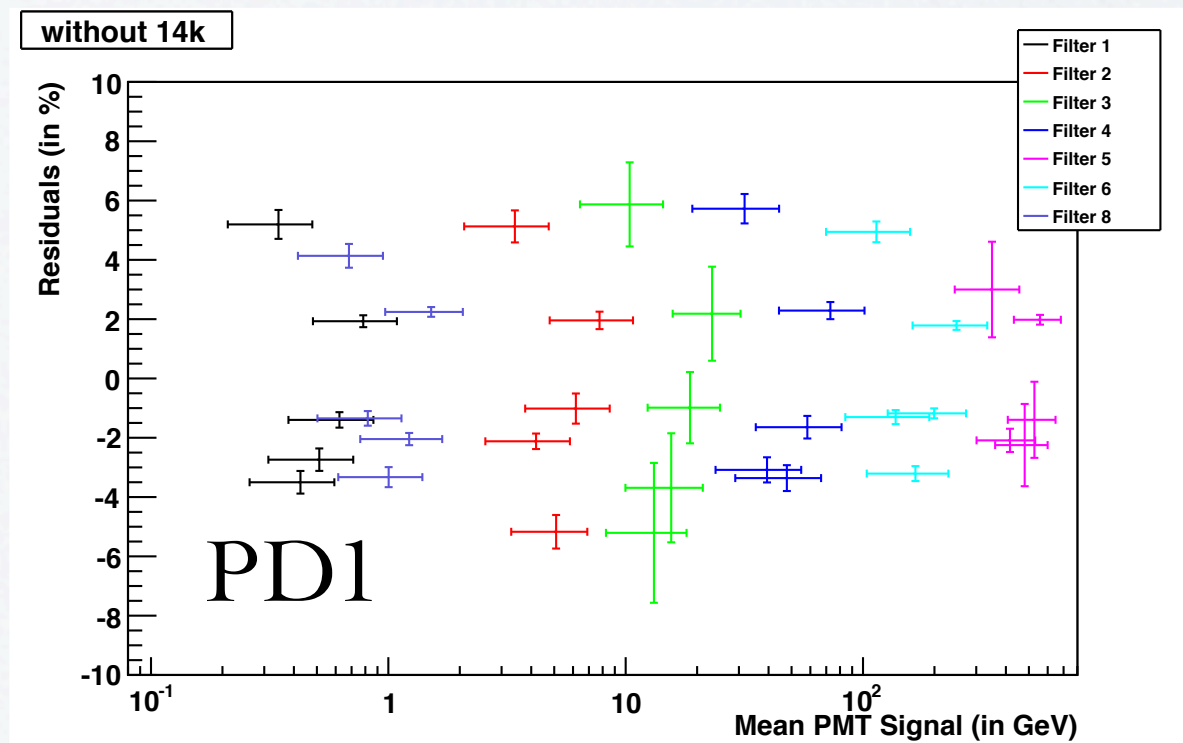
- Fit $y = ax$
- Comparando 2 PMTs da mesma fibra (depois do 2o splitter) as variações médias desaparecem
- Resíduos menores que 1%

Comparação dos 3 PD



- Há um bom acordo entre os resultados usando o PD2 e PD3 e o PD4

PD1 e PMT1



- Grandes variações nos resíduos
- Referência após o 1o splitter necessária para cancelar os erros introduzidos pelo sistema

Conclusões

- Resultados da estabilidade mostram variações médias menores que 1%
- PMTs com maus comportamentos facilmente identificáveis pelo sistema
- Para a linearidade ainda não há um bom método para determinar linearidade em todo o intervalo de energias.
- Confirmam-se alguns erros sistemáticos introduzidos pelo sistema óptico ao longo do sistema