

# **Construção de um Observatório Portátil de muões para fins educativos**

## **AMU – A ver Muões**

Fernando Barão  
Catarina Espírito-Santo  
LIP/IST  
version: Abril 2014

### **1 Introdução**

Os raios cósmicos são um tema com grande potencial para fins educativos. Estabelecendo pontes entre a física de partículas e a astrofísica, são um percurso natural do infinitamente grande ao infinitamente pequeno. São, além disso, parte da radiação ambiente, e relativamente fáceis de demonstrar. A demonstração da presença dos muões cósmicos tem sido amplamente feita em ambiente escolar e de divulgação – por exemplo com a câmaras de faíscas construída no LIP, ou com câmaras de nuvens “artesanais” construídas pelos próprios estudantes. O objectivo é agora construir um detector que permita não só “ver” os raios cósmicos como também fazer medições de grandezas físicas relevantes, explorando de forma quantitativa propriedades dos muões cósmicos e desenvolvendo metodologias de trabalho científico. Um detector deste tipo deve ser portátil e passível de ser operado por alunos do ensino secundário. Para tal, o sistema deve ser seguro e fácil de usar – da instalação do detector à recolha e tratamento dos dados. O trabalho será desenvolvido em estreita colaboração com os investigadores do LIP e acompanhado por professores, existindo um programa de formação de professores associado.

### **2 Conceito e Objectivos**

Neste projecto pretende-se construir um detector portátil de muões cósmicos baseado em componentes usados de forma corrente em experiências de física de partículas e que possa ser operado por estudantes nas escolas secundárias.

O detector aqui proposto é constituído por:

- 3 cintiladores de plástico (dimensão típica  $20 \times 25 \times 1 \text{ cm}^3$ ) operados em coincidência;
- fibras ópticas WLS para leitura dos sinais dos cintiladores;
- sensores de luz (foto-multiplicadores de silício, SiPM) acoplados às fibras. Os SiPM têm a vantagem de ter baixas tensões de operação (70 V), facilitando a operação em ambiente escolar.

Cada cintilador, com as respectivas fibras e SiPM, é alojado numa pequena caixa estanque à luz com conectores para a alimentação do SiPM e para a leitura do seu sinal

de saída.

Numa caixa independente (de menores dimensões) estará alojada a electrónica de *front-end* e DAQ, e ainda o conversor DC-DC necessário à alimentação dos SiPM. O sistema de aquisição deverá:

- adquirir os dados dos três cintiladores (um sistema simples de *thresholds*, eventualmente com amplificação deverá ser adequado);
- fazer as coincidências dos sinais (usando um sistema baseado numa FPGA);
- controlar a alimentação dos SiPM;
- ligar por uma entrada USB a um computador.

O computador alimentará o sistema, fará o controlo da aquisição, e permitirá a visualização e armazenamento dos dados recolhidos.

Pretende-se que um detector AMU completo possa ser transportado numa pequena mala de mão. O conceito descrito em [1] foi tomado como ponto de partida. A configuração final do detector será no entanto definida em função dos testes com protótipos e dos estudos de simulação a realizar no LIP, onde todos os componentes do sistema serão desenvolvidos e produzidos. O detector terá um sistema mecânico que permitirá rodar de forma simultânea os vários cintiladores, orientando o telescópio segundo diferentes ângulos com a vertical. O desenho preliminar do detector está esquematicamente representando na figura 1.

Este detector permitirá aos estudantes fazer diversos estudos e medidas. Em particular:

- estudo da taxa de detecção em função do ângulo zenital: pretende-se desenvolver um sistema mecânico de orientação do detector por forma a fazer estudos da taxa de contagens em função da direcção de chegada dos muões;
- estudo da variabilidade do número de contagens em função do tempo;
- observação do decaimento do muão: o registo dos sinais em função do tempo permitirá observar os dois pulsos com um intervalo típico de 1  $\mu$ s. A influência de materiais absorvedores entre os cintiladores, aumentando a capacidade de “parar” os muões, poderá ser estudada e o tempo de vida do muão estimado;
- estudos da taxa de detecção de chuviros de raios cósmicos, separando lateralmente os três módulos de detecção e fazendo coincidências entre eles a diversas distâncias.

O sistema permitirá aos estudantes calibrar os próprios cintiladores, adquirindo assim uma compreensão mais profunda dos processos envolvidos. Os limiares de *trigger* e outros parâmetros do sistema de aquisição poderão ser estudados e ajustados.

### **3 Construção de um protótipo**

A construção de um protótipo tem como objectivo validar o conceito e otimizar o desenho do detector. Algumas medidas prévias deverão ser realizadas. São de particular importância a medida da quantidade e distribuição temporal da luz que chega ao sensor, bem como a validação da escolha do sensor de luz (nível de ruído, estabilidade do ganho, área sensível) e a finalização e teste do desenho da electrónica. Pretende-se depois chegar a um protótipo tão próximo quanto possível do desenho final.

O protótipo será construído recorrendo sempre que possível a material existente.

Em paralelo, está em curso o desenvolvimento de uma simulação GEANT4 do detector. A simulação permitirá testar diferentes conceitos e otimizar o desenho do detector. Nesta fase inicial o trabalho está a ser realizado por dois alunos inscritos nas cadeiras de Laboratório de Raios Cósmicos e Física e Tecnologia da Radiação, apoiados pelos docentes das mesmas (F. Barão e P. Gonçalves).

Os componentes necessários para a construção do protótipo, sua origem e custo são detalhados abaixo:

#### **3.1 Cintiladores**

Serão utilizados cintiladores plásticos com 1 cm de espessura existentes no LIP que apenas terão que ser maquinados nas oficinas do LIP de Coimbra (polimento e abertura de ranhuras para inserção das fibras, acopladas com cola óptica). Os cintiladores serão envolvidos em TYVEK, que deverá ser cedido pelo grupo de ATLAS do LIP.

#### **3.2 Fibras**

Serão utilizadas fibras WLS verdes cedidas pelo grupo de ATLAS do LIP (9 fibras por cintilador).

#### **3.3 Sensores de Luz**

Serão utilizados detectores de Silício MPPC (Multi Pixel Photon Counters) 3x3 mm da HAMAMATSU, referência S12572-050P. O preço indicado pelo fornecedor para 5 unidades é de  $5 \times 48,20 = 241,00$  € + IVA.

#### **3.4 Alimentação dos sensores de Luz**

Será utilizado um conversor DC-DC, que deverá ser suficiente para alimentar as três unidades. A alimentação de entrada para o conversor será fornecida pelo PC a partir de porta USB. O preço indicado pelo fornecedor para 1 unidade é de 98,00 € + IVA + Transporte.

### 3.5 Electrónica de *front-end* e DAQ

Será utilizada como base do DAQ uma placa comercial contendo uma FPGA, porta USB etc. (tipo DE0-Nano Development and Education Board da ALTERA, preço estimado 50 USD) que será responsável pelas coincidências. Será desenvolvida electrónica de *front-end*, cujas funções deverão impor em cada SiPM um *threshold* regulável e, se necessário, amplificação. O desenvolvimento será feito no e-CRLab do LIP como trabalho de tese de um aluno de mestrado orientado pelo docente P. Assis.

No âmbito do projecto QuarkNet de Fermilab, foi desenvolvida uma carta de aquisição usada em [1] e que poderia estar disponível no prazo mínimo de 6 meses. Numa fase posterior do projecto pode ser interessante averiguar preços e eventualmente obter um exemplar dessa carta.

### 3.6 Alimentação

A alimentação será fornecida pelo PC.

### 3.7 Software

O controlo do DAQ, interface com o utilizador e armazenamento de dados serão feitos no PC. Será desenvolvido um pequeno driver seguido de um programa que controla a aquisição.

### 3.8 Sistema mecânico

O detector terá um sistema mecânico que permitirá rodar de forma simultânea os vários cintiladores, orientando o telescópio segundo diferentes ângulos com a vertical. Cada cintilador, com as respectivas fibras e SiPM, é alojado numa pequena caixa estanque à luz com conectores para alimentação e leitura do sinal. O sistema mecânico será construído nas oficinas do LIP de Coimbra.

## 4 Orçamento

Tendo em conta a informação anterior, o custo estimado do protótipo é de 500 €, incluindo componentes, taxas e portes.

	Custo/unid	Quantidade	Custo total
MPPC 3x3mm HAMAMATSU S12572-050P	48,20 €	5	241,00 €
Conversor DC-DC	98 €	1	98,00 €
Placa de aquisição (custo aproximado)	40 €	1	40 €
<b>Total</b>			<b>379 €</b>

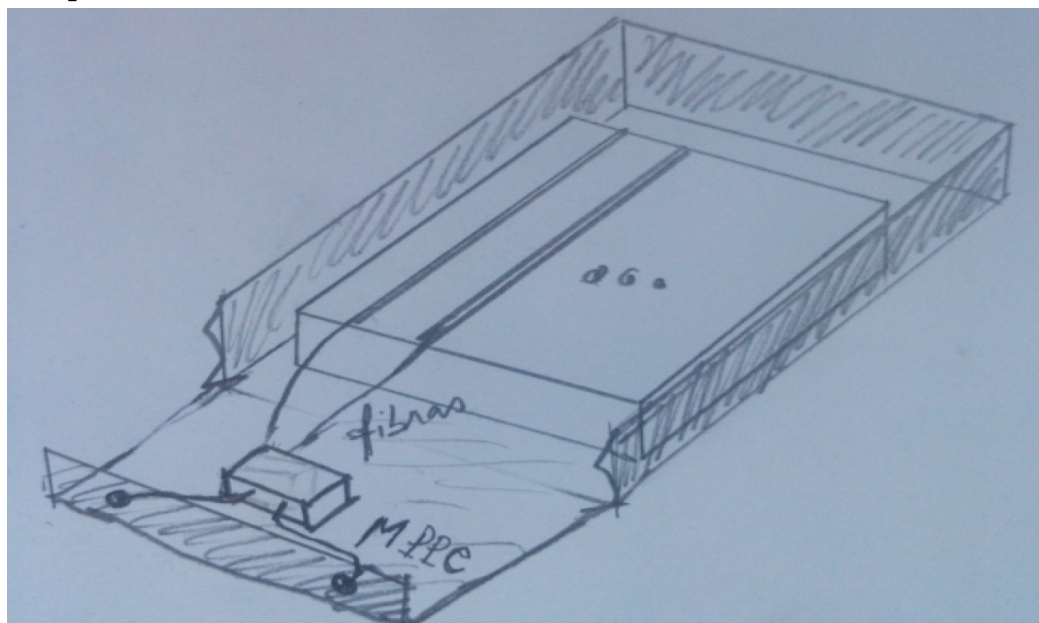
Outro material de apoio:

	Custo/unid	Quantidade	Custo total
X-acto		1	
Colas (madeira e tudo)		1	
Placas de contraplacado para montagem do cintilador		6	
<b>Total</b>			

### Procedimento de montagem:

De acordo com a reuniao que tivemos (Luis Gurrana, Maria Catarina, Fernando Barao) hoje concluimos no seguinte procedimento de montagem dos cintiladores do projecto, "a observar muoes":

- material/contador muonico:
- base de madeira de 26X36 cm **(a)**
- cintilador: 20X20 cm
- 9 fibras opticas: 45 cm



- optical cement and resyn from Saint Gobain para colar as fibras ao cintilador
- distribuir o cintilador e a peça assembladora de fibras de forma a deixarmos 10cm de distancia entre o cintilador e peça **(b)**
- definir posicoes na base de madeira para colocação do cintilador e das guias de madeira e da peça assembladora das fibras
- furar a base de madeira de forma a fixar a peça com dois parafusos e porca acima da base
- polir o lado das fibras que ficam no cintilador
- colocar as fibras uma a uma no cintilador com uma curvatura larga e corta-las com o auxilio de um alicate ou tesoura, mantendo alguma folga para corte final com X-acto

- polir a extremidade da fibra do lado da peça assembladora
- colar as fibras ao cintilador
- embalar o cintilador em tyvec (duas folhas)
- fixar as fibras na peça assembladora com o auxílio de uma lamina plastica e mousse
- entanquizar o contador à luz com o auxílio de uma gaiola feita de cartolina preta e fita cola (a questao aqui vai ser a ligacao e leitura do MPPC)
- envolver o contador com plastico preto

## 1. Calendarização

### 5 Referências

[1] R. Franke et al., “CosMO – A Cosmic Muon Observer Experiment for Students”, ICRC2013.

