



**WUNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76  
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

## **XXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2019**

### **MONTAGEM E TESTE DE TELESCÓPIO DE MÚONS**

**Pedro Henrique Nascimento Silva<sup>1</sup>; Germano Pinto Guedes<sup>2</sup>;**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [pedro1515silva@hotmail.com](mailto:pedro1515silva@hotmail.com)
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [germano@uefs.br](mailto:germano@uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Cintilador, interação, Múon.

### **INTRODUÇÃO**

A física de partículas vem sendo estudada a algum tempo, trazendo novas descobertas para o mundo, mostrando a presença de partículas que antes nem se imaginavam existir, antiproton, antineutrino, mésons, múon, tau, entre outros, cada vez aprimorando a ideia que se tem sobre o mundo de partículas. A exemplo disso temos o múon, que representa cerca de 80% dos raios cósmicos presentes na superfície da Terra, e sobre de onde vem esse raio cósmico e uma ideia que causa na Terra.

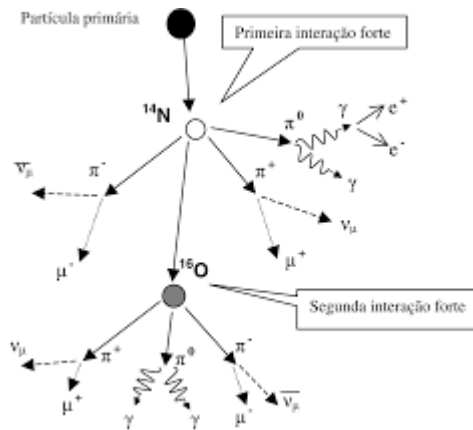
O Grande Colisor de hádrons (LHC), Angra, o Selenóide de Múon Compacto (CMS), CERN, entre outras, são exemplos de locais onde se estuda sobre a física de partículas, cada qual em seu campo. Mesmo tendo locais de pesquisa, a porcentagem de brasileiros que vão a esses locais é pequena em relação a outros países. A proposta do projeto é apresentar sobre a detecção e o estudo sobre múons, fazendo a detecção com um telescópio.

### **Detecção de partículas**

O processo de detecção da radiação ionizante consiste na interação deste com o meio detector, que por sua vez está ligado diretamente à colisão das partículas carregadas com os átomos do material detector, implicando na perda de energia para o meio e a deflexão de sua trajetória original. A perda de energia pela partícula e a mudança de sua trajetória está relacionada a diversos processos físicos, tais como: colisões inelásticas da partícula alvo com elétrons orbitais do meio detector e espalhamento elástico pelos núcleos e reações nucleares. Como a velocidade de fase é maior que a velocidade da luz, representando partículas relativísticas, a exemplo do múon, essa velocidade em um meio gera a emissão da radiação Cherenkov. A radiação possui seu comprimento de onda na luz visível e intensidade proporcional à perda de energia pela partícula.

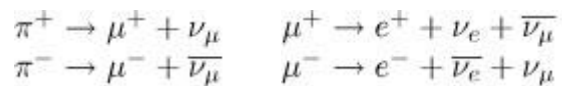
## Raios cósmicos e chuva atmosférica

Esse fenômeno vai ocorrer quando um raio cósmico com uma alta energia, entra na atmosfera terrestre, que está carregada de outras partículas. O raio cósmico, também chamado de partícula primária, interage com o núcleo das outras partículas, fazendo essas outras interagirem com mais, gerando assim uma “cascata” de interações como mostrado na figura 1. Por terem uma velocidade muito próxima da luz, no vácuo, ( $3 \times 10^8$  m/s) além da interação, pode ocorrer também o decaimento da partícula em outras mais fundamentais.



**Figura 1:** representação do chuva atmosférica

A exemplo desse decaimento temos o hádron que ao decair gera o múon, que possui uma vida muito curta de aproximadamente  $1,87 \pm 0,75 \mu\text{s}$  (FAUTH; GROVER E CONSALTER, 2011). Pelo fato de não sentirem a interação forte os múons perdem energia apenas por ionização, até decaírem, implicando da sua trajetória ser muitas vezes retilínea. O decaimento do hádron e do múon é visto na figura 2.



**Figura 2:** Decaimento do hádron e do múon

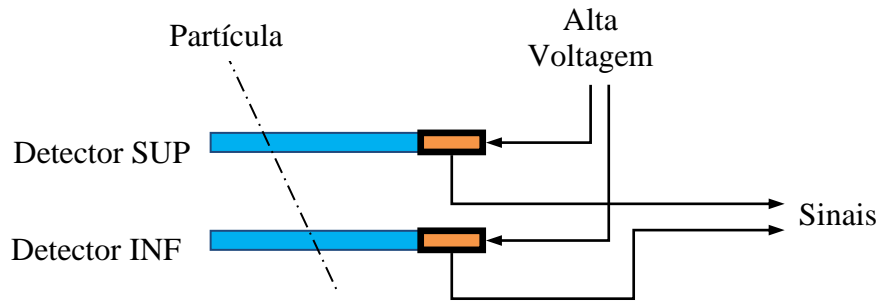
A partir da figura percebe-se que quando ocorre o decaimento do múon, além dos antineutrinos, é gerado também um elétron, que é uma partícula fundamental, não existe nada compondo o elétron.

## MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

O trabalho é feito com o estudo do espectro característico do sinal óptico proveniente dos cintiladores orgânicos e como este se ajusta ao espectro de sensibilidade dos tubos fotomultiplicadores (PMTs) através da conversão fotoelétrica no seu catodo. É feito uma montagem prática de um conjunto cintilador + PMT (raquete). Na fase final, vamos fazer a tomada de dados, e aprender a tratar o sinal analógico, amplificando, filtrando e separando-o do ruído.

## RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

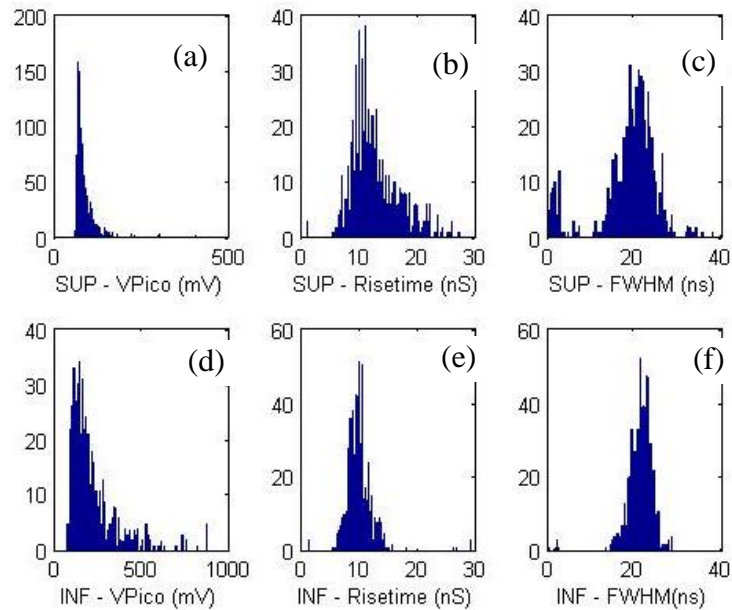
Os resultados alcançados podem ser vistos abaixo, onde feito os testes de coincidência com dois detectores cintiladores (raquetes) montados em série, de sorte que uma partícula pode atravessá-los, um após o outro. Então são montados verticalmente: um superior (SUP) e outro inferior (INF), como visto na Figura 4. É possível fazer uma análise sobre o comportamento dos sinais (ou na relação sinal/ruído, SNR) dos detectores com relação à voltagem aplicada às PMTs quanto operando em regime de coincidência.



**Figura 4:** Montagem dos detectores (raquetes SUP e INF) na configuração de telescópio.

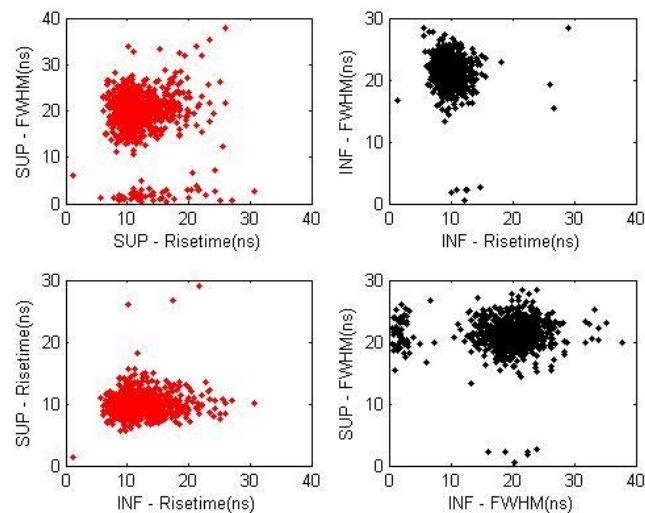
Todo processo de detecção está ligado diretamente à colisão destas partículas carregadas com os átomos do material detector, isto implica em perda de energia para o meio e a deflexão de sua trajetória original. A perda de energia pela partícula e a mudança de sua trajetória estão relacionadas a diversos processos físicos, tais como: colisões inelásticas da partícula alvo com elétrons orbitais do meio detector e espalhamento elástico pelos núcleos e reações nucleares. A energia depositada pelas partículas em um detector de cintilador é convertida em energia luminosa de mais baixa energia, adequada à sensibilidade dos tubos fotomultiplicadores (PMTs). Para o caso de uma partícula relativística, cuja velocidade de fase é maior que a velocidade da luz no meio ocorre também a emissão de radiação Cherenkov. Esta radiação tem comprimento de onda na região do visível e intensidade proporcional à perda de energia pela partícula, mostrando-se conveniente para a detecção dela.

Cada um dos conjuntos PMT + BASE pode operar com uma voltagem (máxima permitida) de até 1500 V. Obviamente, quanto mais tensão se aplica a um tubo fotomultiplicador, maior será o sinal, no entanto, há um limite de eficiência para cada conjunto detector. Determina-se a voltagem ótima na qual já se consegue o ganho final com a separação do sinal sobre o ruído eletrônico.



**Figura 5:** Histogramas de tensão de pico ( $V_{pico}$ ), risetime e FWHM para as raquetes superior (SUP) e inferior (INF) em a-b-c e d-e-f, respectivamente.

A Figura 5 mostra a concentração de valores destes parâmetros dos sinais ( $V_{pico}$ , Risettime e FWHM) em torno de valores (médias), o que nos permite caracterizar muito bem e separar os eventos desejados, ou seja, em coincidência. Estes valores podem ser cruzados entre si. Veja na Figura 5, onde cada ponto no gráfico representa um evento de coincidência registrado. São ao todo 10 mil eventos tomados ao longo de uma semana de medidas.



**Figura 6:** Correlação dos parâmetros dos pulsos (largura a meia-altura – FWHM, e Tempo de subida – RISETIME) gerados nos detectores (SUP x INF) para eventos em coincidência.

A forma de representação usada na Figura 6, cruzando dados dos dois detectores, permite-nos separar claramente eventos de ruídos e até mesmo criar filtros para análise de eventos em faixas distintas de valores para cada um dos parâmetros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Tendo em vista os resultados obtidos é preciso ter um olhar físico com os fenômenos que estão acontecendo. O primeiro fato a ser observado é o que acontece nos gráficos das Figuras 5 e 6, que apontam que os sinais envolvidos são realmente muito rápidos, pois apresentam uma largura (FWHM) em torno de 20 ns de duração e um tempo de chegada de 10 ns. Isto exige uma eletrônica de tratamento de sinais realmente sofisticada, pois demandam grande banda passante, estabilidade e durabilidade, uma vez que os experimentos duram semanas.

O sistema de aquisição de dados utilizado foi o Osciloscópio digital Tektronix TEK220, que adquiria o pulso e calculava os parâmetros pedidos (Risetime, FWHM e Vpico) enviando-os ao computador. Infelizmente, um programa em linguagem C ou C++ não pode ser desenvolvido para o Analisador Multicanal por falta de maturidade nas linguagens de programação envolvendo acesso à porta USB, no entanto, ainda foi possível montar o telescópio de Muons, verificar sua operação e compreender os fenômenos físicos envolvidos na detecção de partículas, o que trouxe muito conhecimento para a vida profissional futura.

A partir destes fatos foi mostrado um pouco de como é a física de partículas, ou apenas um campo da mesma, a detecção. É importante que continue o estudo sobre esta área para melhorar o campo de pesquisa brasileiro e levar o Brasil a fazer parcerias com mais empresas voltadas para pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Leo, W., R. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments.1ª ed. Springer-Verlag, Alemanha: La Tour de Peilz, 1987.
- HENNIG, W. 1981. *Insect phylogeny*. Chichester, John Wiley, 514p.
- Shicildt, H. C completo e total. 3ª ed. São Paulo: Pearson Education, 1996.
- Skoog, D. A.; Holler, F. J.; Nieman, T. A. Princípios de análise instrumental. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- Rocha, O. *Estudo, Montagem e Testes de um Detector de Radiação Cherenkov*. 2015. 125 f. Monografia de graduação – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.
- Fontes, M. A. G. *Estudo do efeito da coluna de água nos sinais do detector de radiação Cherenkov*. 2016. 46 f. Monografia de graduação - Universidade Estadual de Feira de Santana.
- Fauth, A. C.; Grover, A. C.; Consalter, D. M. Medida da vida média do Múon. SBF, São Paulo, volume 32, nº 4, página 1-7, fevereiro de 2011.
- Moraes, A. M. A física de detectores de partículas. **Aula de detectores de partículas**, 2017. Disponível em:  
<[mesonpi.cat.cbpf.br/escola2017/downloads/notasDeAula/ArthurMoraes\\_Aula03.pdf](http://mesonpi.cat.cbpf.br/escola2017/downloads/notasDeAula/ArthurMoraes_Aula03.pdf)>  
Acesso em: 04 de fevereiro de 2019.