

MONTAGEM E TESTES DE UM DETECTOR DE MÚONS

Marcos Fontes¹; Germano Guedes²

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: marcosagfontes@gmail.com

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: germano@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Detecção de partículas; radiação Cherenkov; instrumentação nuclear.

INTRODUÇÃO

Em 1933 o físico russo Pavel Alexeievich descobriu que quando partículas que possuem alta energia e velocidades próximas da luz no vácuo atravessam um meio transparente com índice de refração n , temos uma emissão de radiação luminosa, essa radiação possui comprimento de onda próximo da cor azul (~425nm). Apesar da velocidade da luz no vácuo ser o limite imposto pela teoria da relatividade, essas partículas vencem essa barreira causando a polarização dos átomos nesse meio, formando dipolos elétricos, essa radiação foi nomeada de Radiação Cherenkov, rendendo ao físico russo o prêmio Nobel.

Com a descoberta da radiação Cherenkov, técnicas como a detecção de partículas pelo medidor Geiger e a câmara de ionização entre outros, mostraram-se menos precisas para esse tipo de detecção. A detecção a partir da radiação Cherenkov é feita com tubo fotomultiplicador (PMT). Em meados da década de 40 o Brasil começa a realizar pesquisas relacionadas ao estudo e detecção de raios cósmicos através do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), colaborando com grandes centros como o Observatório Pierre Auger, *Large Hadron Collider* (LHC) entre outros.



Figura 1: Detector de superfície do Observatório Pierre Auger

O Observatório Pierre Auger e o High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory (HAWC), detectam radiação Cherenkov em tanques que utilizam água como meio radiador. O observatório Pierre Auger está localizado no Deserto de El Nihuil na Argentina, composto por 1600 detectores cobrindo uma área de 3000 km². O HAWC está localizado em *Sierra Volcano* próximo de Puebla, México. O detector possui campo de vista instantâneo cobrindo cerca de 15% de céu.

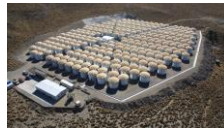


Figura 2: Detector HAWC.

De forma similar aos detectores no Pierre Auger e no HAWC foi construído um detector no Labensol, com isso experimentos foram desenvolvidos para analisar seu desempenho. Como o estudante Otto Rocha já havia construído o primeiro detector no Labensol foi realizada uma comparação entre os resultados. Com estudo teórico foi possível formular outro tipo de experimento a fim de analisar a relação Carga X altura da coluna de água buscando encontrar uma relação linear entre elas.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA

Para o estudo desenvolvido será utilizada a equação 1, mostrando-se possível relacionar a energia depositada com a altura.

$$E_f = hv2\pi\alpha L \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2} \right) \quad (1)$$

Sendo h a constante de Planck, α a constante de estrutura fina, λ o comprimento de onda, L altura, n índice de refração, v velocidade do fóton.

Para esse estudo a equação 1 será utilizada como modelo, como a altura é a única incógnita que se mantém constante iremos acompanhar a relação com a energia.

O detector (figura 6) possui 1,5 m de altura, um tubo dividido em quatro partes (Figura 4), essas partes foram utilizadas para realizar experimentos com diferentes alturas. A cada parte retirada do tubo será adicionado 49 litros de água pura no detector, de forma a aumentar a coluna de água que a partícula irá atravessar. A parede interna foi revestida de *tyvek* (figura 5), material utilizado para realizar reflexão difusa da radiação. Um cintilador foi colocado de 25x40 x 40 cm foi colocado na parte superior do tanque e outro na parte inferior, tubos fotomultiplicadores da marca Philips modelo 2202 B foram acoplados aos cintiladores. O conjunto cintilador+PMT na parte superior e na parte inferior forma o telescópio de múons.



Figura 4- Tubo removível com 4 alturas, e a PMT para detecção. Toda a parede do tubo foi revestida de *tyvek*.



Figura 5- 'Esqueleto' com *tyvek* colocado dentro do detector.



Figura 6- Parte superior do detector com cintilador+PMT.

O telescópio de múons é configurado utilizando a coincidência entre os dois cintiladores, quando uma partícula passa entre os dois cintiladores o osciloscópio analisa a fotocorrente gerada pela radiação Cherenkov seguindo o modelo da figura 7.

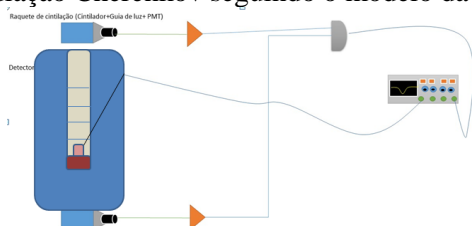


Figura 7- Esquema ilustrativo do detector.

A rotina em MATLAB é responsável pela digitalização dos pontos do pulso gerado pela PMT e a análise dos dados com a aquisição das características da partícula como *risetime*, largura, tensão de pico a pico e outros. Com as informações torna-se factível encontrar a carga gerada, o cálculo da integral da curva informará qual a carga do pulso gerado pela fotomultiplicadora

Será feito o histograma da carga em tempo real para que o usuário possa acompanhar o experimento. O usuário define em qual diretório os dados serão armazenados, as informações são salvas no tipo '.txt', no fim da aquisição um som é emitido alertando ao usuário o fim do processo.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

O histograma de carga é utilizado para observar a diferença entre o ruído eletrônico e o sinal registrado pela passagem da partícula. O experimento consistiu em duas etapas, a primeira registrando valores com o telescópio de múons desligado, na segunda etapa ele foi ligado.

Com os dados registrados foram comparados com os resultados do detector construído pelo aluno Otto Rocha.

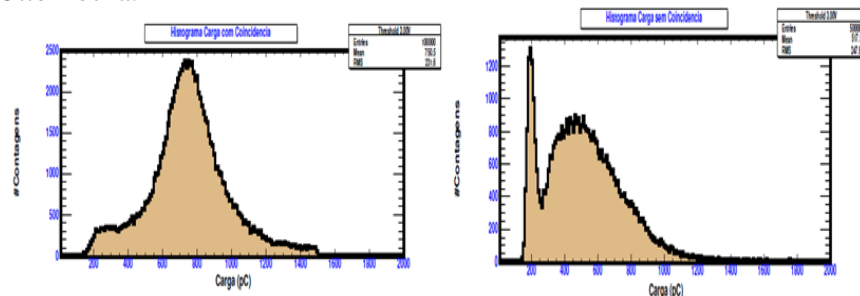


Figura 8- Histograma de carga registrada pelo detector- Otto Rocha.

O trabalho desenvolvido com o detector Otto Rocha utilizou amplificador de sinal, com isso a carga média registrada possui uma ordem de grandeza de 10^2 pC. Como a PMT utilizada no novo detector é nova não houve necessidade de utilizar amplificador de sinal, dessa forma a carga média registrada encontra-se na ordem de grandeza de 10^1 pC como está registrado nos gráficos da figura 9.

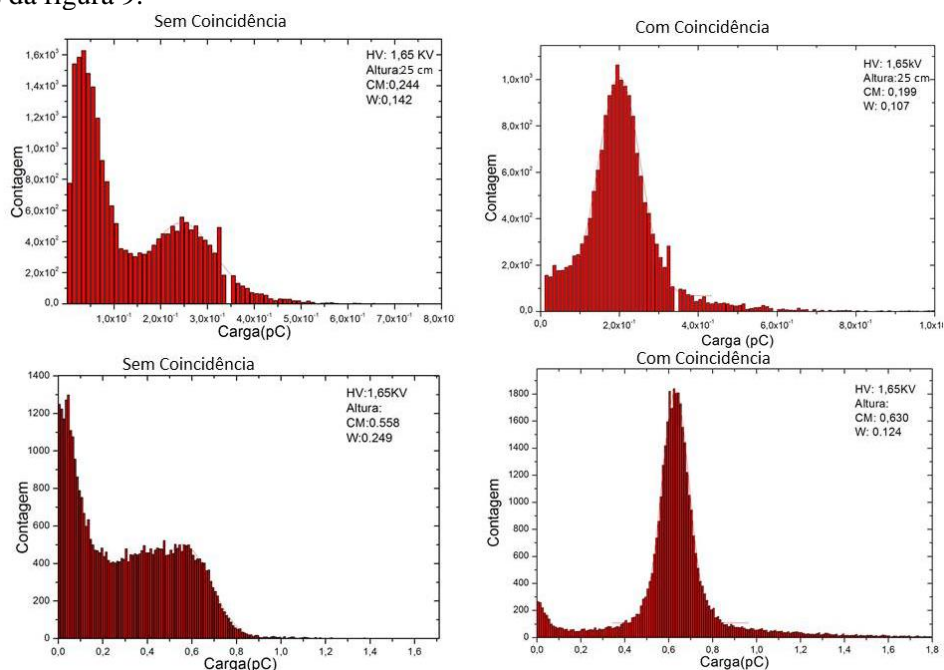


Figura 9- Histograma de carga. Os gráficos 1 (esquerda superior) e 2 (direita superior) utilizaram a altura de 0,25 m, os gráficos 3 e 4 utilizaram a altura de 1 m.

Nos experimentos que correspondem os gráficos 1 e 3 o telescópio de múons está desligado, mostrando-se notório o valor da contagem de ruído superior ao da carga da partícula. Nos experimentos dos gráficos 2 e 4 o telescópio de múons está ligado, tornando os resultados mais ‘limpos’ com eventos que demonstram a detecção de partículas.

O deslocamento da carga detectada nos experimentos muda de acordo com a altura como já era esperado. Com a figura 7 temos o gráfico da relação entre altura da coluna de água e a carga, os eventos registrados nesse gráfico são de experimentos com telescópio de múons ligado.

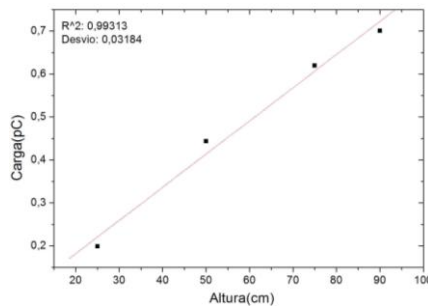


Figura 10- Gráfico da relação entre altura da coluna de água X Carga.

Com o modelo utilizado na equação 8 observa-se que a energia depositada pela carga é linearmente proporcional a altura da coluna de água no detector. Com a figura 10 a relação de linearidade entre a altura e a carga não ficou evidente, com isso ajustes serão realizados no detector de radiação Cherenkov que será finalizado para o trabalho de conclusão de curso do mesmo.

Conclusão

Como os resultados obtidos pelo novo detector Cherenkov e os registrados no detector construído por Otto Rocha são similares, o novo detector mostra-se apto para realizar detecção de radiação Cherenkov.

A equação 1 serve de modelo para o estudo realizado com o detector, com esse modelo era esperado que a relação de linearidade entre Altura X Carga. Na figura 10 observa-se uma saturação, fazendo com que a relação linear não se mostre evidente, os motivos que podem estar relacionados são: A geometria do detector, a reflexão da radiação na parede interna do detector, o número baixo de alturas, número baixo de eventos registrados a cada experimento.

A análise para melhorar o desempenho do detector está sendo realizada. O programa utilizado para aquisição de dados foi reformulado, assim como o suporte para a PMT que foi remodelado para que ela fique dentro de um tubo lacrado sem qualquer contato externo. O número de experimentos será dobrado, a fim de aumentar os pontos registrados para comparação entre Altura X Carga.

REFERÊNCIAS

- GREEN, D., *The Physics of Particle Detectors*, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology, vol.12, 2005.
- GRUPPEN, C., *Particle Detectors*, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology, vol.5, 2005.
- LEROY, C.; RANCOITA, P-G., *Principles of Radiation Interaction in Matter and Detection 2nd Ed.*, World Scientific, 2009;
- KNOLL, G.F., *Radiation Detection and Measurement 3rd Ed.*, Wiley & Sons, 2000;
- LEO. W.R., *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*, 2nd Ed., Springer-Verlag, 1994;
- Rocha, O., Estudo, Montagem e Testes de um Detector de Radiação Cherenkov, Feira de Santana, 2015;
- Aglietta, M. , EAS-TOP. Cosmic Rays Experiment, Istituto di Cosmo-Geofisica del CNR, Torino, Italy, 1999.
- Nakamura, K. et all. REVIEW OF PARTICLE PHYSICS, Regents of the University of California, 2010.