

Estudo e teste de funcionamento de tubos fotomultiplicadores

Marcos Antônio Gonçalves Fontes¹, Otto Rocha², Germano Pinto Guedes³

1. **Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: marcosagfontes@gmail.com**
2. **Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: rochafiscomp@gmail.com**
3. **Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: germano@uefs.br**

Introdução

Graças ao crescente incentivo a projetos relacionado à física de partículas agrupados em torno da Rede Nacional de Física de Altas Energias - RENAFEA, da qual a UEFS participa (Convênio FINEP/MCP no. 0110046100), pudemos equipar um laboratório para pesquisas com detectores de partículas baseados na radiação Cherenkov em água, que é gerada por partículas carregadas ao atravessarem este meio com velocidade de fase maior que a velocidade da luz neste meio. Esta detecção é feita através de tubos fotomultiplicadores (PMTs), que convertem fótons da radiação Cherenkov em pulsos elétricos. Portanto, o estudo dos mecanismos das fotomultiplicadoras é importante para que se entendam os fenômenos observados no detector de radiação Cherenkov.

A fotomultiplicadora é um sensor de luz muito utilizado em detecção de partículas e sua aplicação se estende da pesquisa básica em partículas até aplicações médicas, como tomógrafos de raios-X, aparelhos de densitometria óssea, gama câmaras e PET. Sua maior sensibilidade é na faixa visível, variando de acordo com o material do fotocátodo, e devido ao seu alto ganho e boa linearidade é o instrumento mais indicado para medidas de radiação de baixa intensidade. A sua estrutura interna é montada em um tubo evacuado e pode ser dividida em elementos: uma *janela*, geralmente de quartzo, para entrada da radiação; uma película de material depositado na face interna da janela funciona como *fotocátodo*, onde o fóton é capturado ejetando um elétron (efeito fotoelétrico) que é focalizado por campos elétricos para a sequência de *dinodos*, onde ocorre a multiplicação eletrônica com um ganho final da ordem de 10^6 e, finalmente, conectada aos dinodos na parte externa à PMT fica a *base*, onde uma rede resistiva polariza os dinodos para que ocorra a multiplicação eletrônica.

Estamos montando um detector Cherenkov usando a água pura como radiador dessa radiação em um tanque de forma aproximada cilíndrica com um volume máximo de 220 litros. Seu interior é revestido por Tyvek (material produzido pela DuPont), para que haja uma reflexão difusa da luz Cherenkov produzida pelas partículas carregadas ao cruzar o tanque com água, aumentando a eficiência na coleta desta luz. O tubo fotomultiplicador detecta e amplifica o pequeno sinal de luz, e será instalado na parte superior do tanque. Após detectar e amplificar esse sinal, um pulso de amplitude proporcional ao sinal detectado é gerado no seu anodo e conduzido através de cabos para o tratamento do sinal e aquisição digital dos dados em módulos de instrumentação nuclear padrão NIM (Nuclear Instrumentation Modules).

OBJETIVO:

Esse trabalho tem por objetivo realizar testes para avaliar a eficiência de tubos PMTs disponíveis em nosso laboratório para utilização em protótipos de detectores Cherenkov.

Métodos e Procedimentos:

A PMT em teste é instalada em uma câmara escura para evitar luminosidade externa com um LED 'piscante' na cor azul ($\lambda \approx 440-485$ nm) localizado em frente à janela do fotocátodo. Um gerador de funções/pulsos (HP 8116A) gera os pulsos para excitação do LED com frequência, largura e amplitude programados. A cada pulso do LED, a PMT gera um sinal (pulso elétrico) que é observado através de um osciloscópio digital (Tektronix TDS 2022) que digitaliza e guarda o sinal e o transfere para um computador pela porta serial (RS232). A polarização da base da PMT é feita aplicando-se alta-voltagem, em torno de 1850 V, com um módulo de alta-tensão (NHQ 232M).

A partir do sinal (pulso) $v(t)$ digitalizado da PMT pode-se calcular o ganho da PMT calculando-se a integral da curva $\int i(t)dt$, onde $i(t) = v(t)/R_{in}$, onde R_{in} (= 50 ohm) é a resistência da terminação elétrica no osciloscópio.

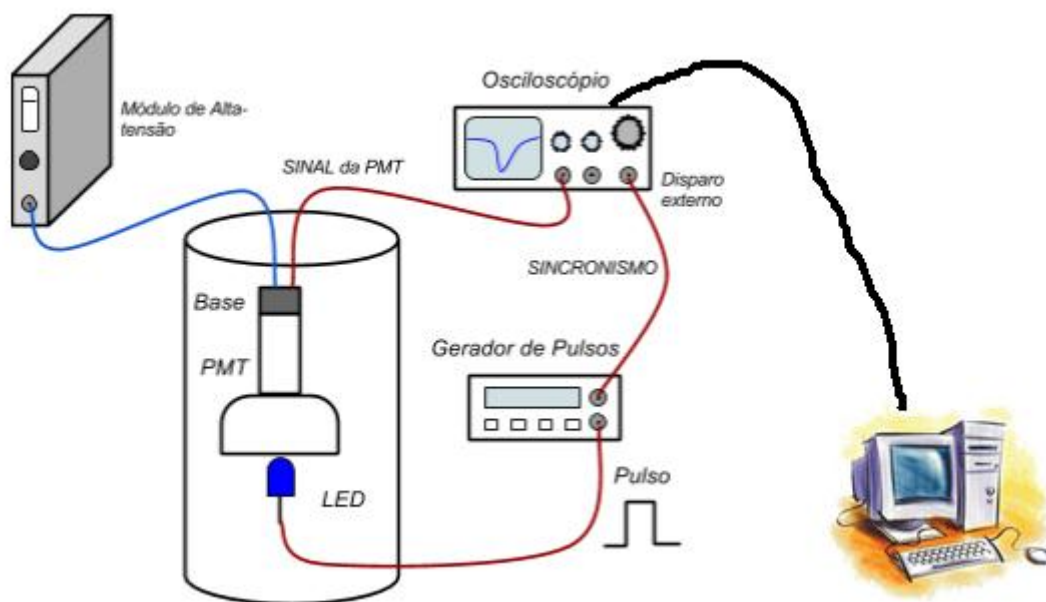


Figura 1: Esquema de conexões da bancada de testes indicando os principais equipamentos.

A figura 1 demonstra o esquema realizado para o experimento, com o módulo de alta-tensão ligado a PMT, a PMT enviando sinal do pulso gerado, o Gerador enviando uma tensão para o led, e enviando um sinal para que o osciloscópio fique 'triggando' no momento em que é enviado sinal para o Led, foi produzida uma rotina no computador para que o pulso seja enviado via porta serial e então feito os devidos cálculos.

Analisamos os resultados para três amplitudes diferentes de pulsos com aquisições de dois mil eventos em cada grupo de medidas, resultando em vinte e um grupos de medidas. Os dados com a carga foi feito um histograma e tanto o valor médio de carga

quando o desvio padrão de cada grupo de medidas foram calculados a partir da curva gaussiana ajustada.

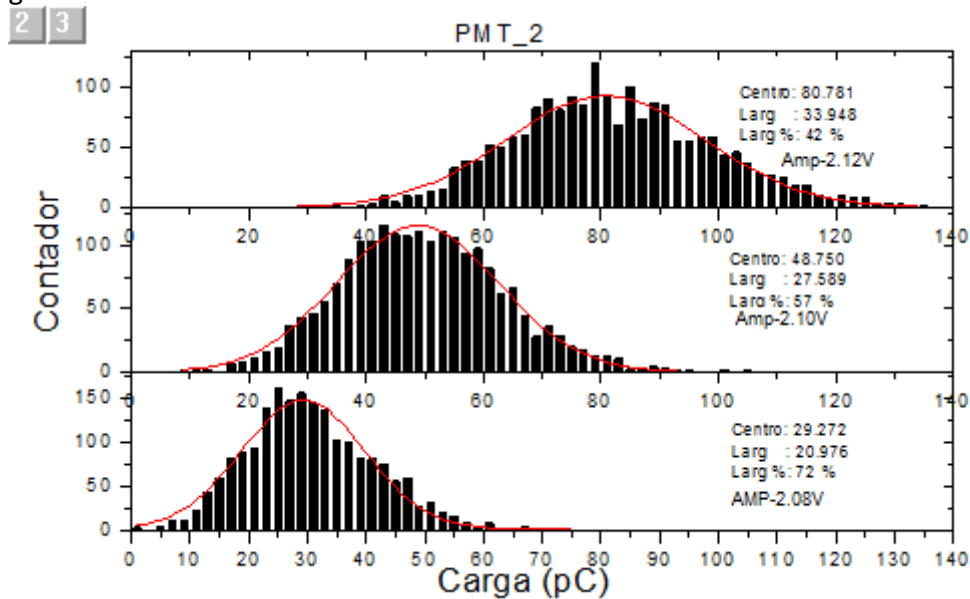


Figura 2 – EXEMPLO DE Histograma feito com as cargas do calculadas da PMT 2.

A figura 1 traz um exemplo da comparação feita por cada processo com diferentes tubos fotomultiplicadores. Três histogramas das cargas coletadas no experimento comparando como elas se comportam com a diferença de amplitude feita pelo Gerador.

Conclusão:

Foram feitos ajustes de curvas Gaussianas que obtendo os valores do tamanho da curva e do centro desta poderemos fazer um calculo rápido para descobri a porcentagem da largura em relação ai tamanho da curva, seguindo o critério que uma menor variação dessa porcentagem que tenha ocorrido durante os três experimentos será selecionada a fotomultiplicadora de número 2. Após essa escolha está será instalada no detector para começar a segunda parte do projeto. Podemos observar na figura 2 que apresenta os resultados obtidos com a fotomultiplicadora 2, o que indica que o valor do centro está aumentando seguindo uma rotina esperada por conta da mudança de amplitudes, devemos levar em conta que a própria medida de tempo fica comprometida por conta da qualidade do pulso do gerador de funções que varia muito o valor da sua largura. No entanto este fato não desmerece os dados obtidos pois tratamos de valores médios dos histogramas e esta flutuação temporal afetaria tão somente a dispersão das medidas, expressas pelo desvio padrão percentual(METADE DA LARGURA DE CADA HISTOGRAMA).

Continuaremos aperfeiçoando as nossas medidas buscando soluções alternativas para contornar estes problemas.

Agradecimentos :

À CNPq, a PROBIC/UEFS, ao orientador, Germano Pinto Guedes, e a todos os colaboradores do laboratório.

Referências:

[1] SKOOG; HOLLER; NIEMAN - 'Princípios de análise instrumental' – 5ª Edição. Editora Bookman; 2001.

[2] Vilar, Arthur Batista-'Instrumentação para a observação de fluorescência de raios cósmicos com fotomultiplicadora multianódica',2009.

[3] ZBIRI, Karim-'Note on Drexel tests of the IMB R1408 PMTs used in the inner veto of both far and near detectors of the Double Chooz experiment', 2011.

[4] HAMAMATSU-'PHOTOMULTIPLIER TUBE principle to application', 1994.