



UNIVERSIDADE 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

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS

SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025

Montagem e Caracterização de um Sistema de Detecção com Cintilador Plástico e Tubos Fotomultiplicadores

Samuel Lucas Lima Soares¹; Kauã de Q. P. Oliveira²; Germano P. Guedes³

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Bacharelado em Física, UEFS, e-mail: samlusoares@gmail.com
2. Graduando em Engenharia da Computação, UEFS, e-mail: kauaquentella.ba@gmail.com
3. Orientador, Departamento de Física, UEFS, e-mail: germano@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Instrumentação Nuclear; Técnicas de Detecção; Interação
Radiação-Matéria

INTRODUÇÃO

A Física das Radiações constitui-se em uma área fundamental da ciência moderna, dedicada ao estudo das radiações eletromagnéticas e das partículas subatômicas, bem como de suas interações com a matéria (OKUNO; YOSHIMURA, 2010; KNOLL, 2000). Desde a descoberta dos Raios-X por Wilhelm Conrad Röntgen, em 1895, e a identificação da radioatividade natural por Henri Becquerel no ano seguinte, os avanços nessa área têm desempenhado papel decisivo na compreensão da estrutura da matéria e no desenvolvimento de aplicações tecnológicas em diferentes setores (LEO, 1994).

Do ponto de vista experimental, a detecção de radiações exige a utilização de técnicas e dispositivos sensíveis, como os Tubos Fotomultiplicadores (PMTs, do inglês *Photomultiplier Tubes*), que permitem a amplificação de sinais luminosos gerados em materiais cintiladores e sua conversão em pulsos elétricos detectáveis (HAMAMATSU, 1994). O domínio do funcionamento desses detectores, aliado à compreensão das interações entre radiação e matéria, constitui etapa essencial para a formação de futuros pesquisadores na área. Portanto, a presente pesquisa teve como objetivo principal realizar atividades experimentais, relacionadas à montagem e à análise de sistemas detectores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um conjunto de instrumentos comuns para a instrumentação nuclear foi utilizado na montagem do sistema de detecção formado por um cintilador plástico e PMT, segue abaixo uma breve descrição de cada um deles e as suas respectivas funções.

Os cintiladores plásticos constituem uma das categorias mais utilizadas de detectores de radiação na física experimental contemporânea. Sua grande popularidade deve-se à combinação de **baixo custo, facilidade de fabricação em diferentes formatos e dimensões, alta transparência óptica e tempo de resposta extremamente rápido**, geralmente da ordem de poucos nanossegundos. Essas características os tornam especialmente adequados para experimentos que envolvem altas taxas de contagem ou que exigem excelente resolução temporal, como a detecção de múons em telescópios de raios cósmicos, medidas de coincidência e sistemas de *time of flight*. No nosso experimento, utilizamos um cintilador com dimensões 40 cm x 40 cm x 2,5 cm fornecido pela fabricante francesa Saint-Gobain.

O tubo fotomultiplicador (PMT) é um dispositivo altamente sensível para a detecção de luz em níveis extremamente baixos. Seu funcionamento baseia-se no efeito fotoelétrico: fótons incidentes no fotocátodo liberam elétrons, que são acelerados e multiplicados em uma série de dínodos submetidos a alta tensão, produzindo uma cascata eletrônica. O resultado é um pulso elétrico proporcional à intensidade luminosa original. Os PMTs se destacam por sua elevada sensibilidade, resposta rápida (na ordem de nanossegundos) e baixo ruído, sendo largamente utilizados em detectores de radiação, cintiladores e experimentos de física de partículas, como este em questão. Os PMTs utilizados nestas montagens, do modelo XP2202B da Philips, foram acoplados aos cintiladores e às bases ORTEC 266.

A fonte de Alta Tensão (HV) é responsável por fornecer o potencial elétrico necessário ao funcionamento de detectores como tubos fotomultiplicadores e câmaras proporcionais. Deve ser extremamente estável e com baixo ruído, pois variações mínimas na tensão podem alterar significativamente o ganho do detector. Utilizamos uma fonte de alta-tensão padrão NIM da iSeg Modelo NHQ 212M, 0 – 2 kV.

O amplificador rápido eleva as amplitudes dos sinais a níveis adequados para análise e processamento eletrônico. Utilizamos o Módulo NIM modelo 776 da Philips Nuclear.

Um discriminador tem a função de rejeitar pulsos abaixo de um certo limiar (*threshold*), que normalmente correspondem a ruído eletrônico ou eventos não desejados. Neste experimento usamos um discriminador modelo 705 da Philips Nuclear.

Para a digitalização do pulso, utilizamos um osciloscópio digital Tektronix TDS2024C (200 MHz, 2 GS/s) muito versátil para a análise de sinais rápidos em experimentos de instrumentação nuclear. Ele fornece todas as informações que precisamos para a análise dos pulsos em cada evento: amplitude, largura à meia-altura (*FWHM*) e os tempos de chegada (*risetime*) e de saída (*falltime*) do sinal.

Além da montagem do detector em si, boa parte do desenvolvimento envolveu a modernização do sistema de software responsável pela leitura dos pulsos medidos pelo osciloscópio. Foram desenvolvidos dois programas: um para o controle da aquisição,

que opera sincronizado com o osciloscópio, e o programa de visualização de dados, que roda offline, portanto, sem comprometer a tarefa principal de aquisição.

O **programa de aquisição** foi desenvolvido em **C#**. A comunicação com o osciloscópio, que representava a principal fonte de tempo-morto de todo o sistema, teve a sua arquitetura otimizada utilizando a biblioteca TekVISA para implementar o protocolo VISA (*Virtual Instrument Software Architecture*) e sofreu alterações em duas frentes: (i) **Otimização de Comandos**: Comandos VISA foram concatenados em uma única string, permitindo que múltiplas medições (amplitude, tempo de subida, etc.) sejam requisitadas e retornadas em uma única chamada, minimizando o *overhead* do protocolo; (ii) **Polling Eficiente**: O software monitora continuamente o estado do *trigger* do osciloscópio e, ao detectar um evento, requisita os dados, rearma o sistema e salva as informações localmente.

O **programa de Visualização** foi desenvolvido em **Python**, utilizando a biblioteca **Dash**. Esta aplicação lê os arquivos .txt gerados pelo software de aquisição e permite a análise de dados de forma assíncrona, exibindo histogramas e outras métricas relevantes sem interferir na coleta de novos eventos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fizemos um gráfico do número de eventos pela tensão aplicada (Figura 1). A tensão ideal de trabalho para ambas as raquetes A e B (conjuntos PMT Philips XP2202B + cintilador) foi definida na região de plateau – região da curva de calibração de um detector cintilador-PMT em que a taxa de contagem se mantém aproximadamente constante – em cerca de 1275 V. A proximidade das curvas de resposta era esperada, o que demonstra a consistência dos resultados.

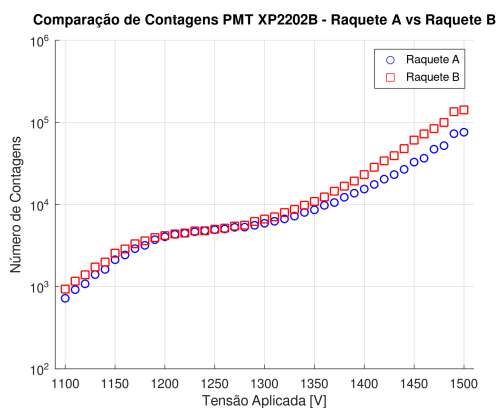


Figura 1: Número de contagens em função da tensão aplicada às raquetes A e B.

Fonte: Autoria própria (2025).

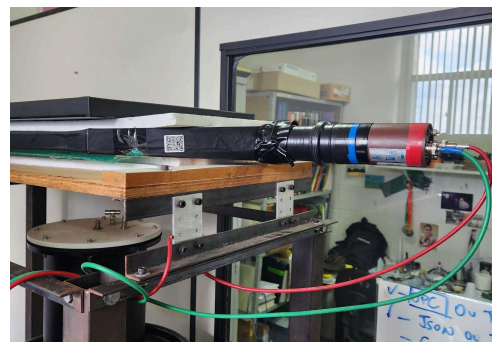


Figura 2. Foto do posicionamento das raquetes A (mais acima) e B (mais abaixo).

A separação do programa de aquisição em duas tarefas independentes permitiu reduzir o tempo-morto por evento de aproximadamente **3 segundos** para **1,85 segundos**, representando uma **redução superior a 30%**. Consequentemente, a taxa de aquisição de eventos aumentou, melhorando significativamente a estatística da medida, com

consequências na redução do tempo de exposição do detector, o que reduz o risco de falhas por problemas nas condições experimentais, como falhas na rede elétrica.

O software de visualização possibilitou a análise assíncrona dos dados coletados, oferecendo ferramentas para examinar parâmetros de cada evento, como amplitude, tempo de subida e largura à meia-altura. Também permitiu a geração de curvas e histogramas que auxiliaram na caracterização das PMTs e do cintilador. Dessa forma, contribuiu para agilizar o processo de interpretação, aumentar a confiabilidade dos resultados e dar suporte às investigações em Física de Radiações (Figuras 3 e 4).

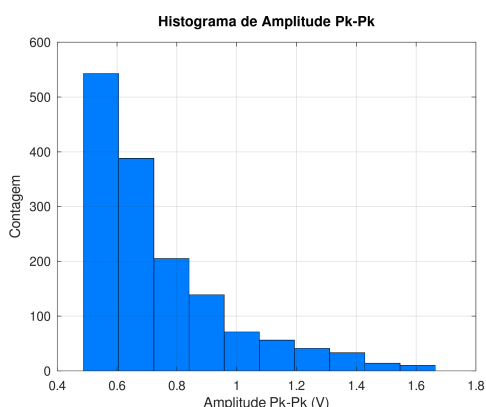


Figura 3. Histograma da amplitude (pico a pico) exportado do software de visualização.

Fonte: Autoria própria (2025)

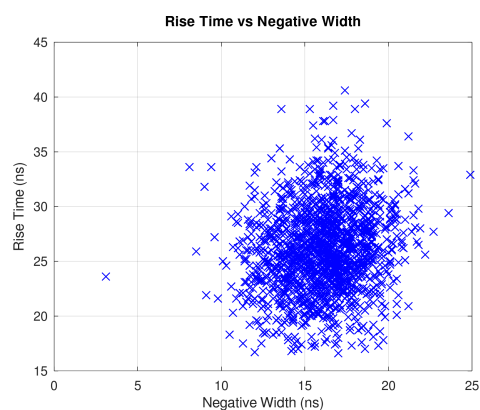


Figura 4. Gráfico do tempo de subida por largura negativa exportado do software de visualização.

Fonte: Autoria própria (2025)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu a montagem e caracterização de um sistema de detecção com cintilador plástico e PMTs, evidenciando a região de plateau e seus limites operacionais. A modernização do software reduziu o tempo-morto e aumentou a eficiência da aquisição, enquanto a ferramenta de visualização possibilitou a análise assíncrona dos dados e a caracterização detalhada dos detectores. Esses avanços reforçam a importância da integração entre experimentação e desenvolvimento computacional no campo da Física de Radiações.

REFERÊNCIAS

- OKUNO, E.; Yoshimura E. M., Física das Radiações, Editora Oficina de Textos; 1a edição, 2010.
- LEROY, C.; RANCOITA, P-G., Principles of Radiation Interaction in Matter and Detection 2nd Ed., World Scientific, 2009.
- MOORE, J. H.; DAVIS, C. C.; COPLAN, M. A., Building Scientific Apparatus, Westview Press, Cambridge, 2003.
- 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.

HAMAMATSU, Photomultiplier Tube: Principle to Application, Hamamatsu Photonics K.K., 1994.