



## 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

### XXVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2022

#### DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE PARA PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS E AQUISIÇÃO DE DADOS DE UM TELESCÓPIO DE MÚONS

Elvis Michael Souza Serafim<sup>1</sup>; Germano Pinto Guedes<sup>2</sup>

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

elvisserafim@ecomp.uefs.br

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

**PALAVRAS-CHAVE:** Detecção de partículas; programação; osciloscópio digital

## INTRODUÇÃO

O Laboratório de Instrumentação Nuclear e Energia Solar (LABENSOL) desenvolveu um protótipo de detector que tem como técnica de detecção a medida da radiação Cherenkov gerada pela passagem das partículas na parte sensível do detector central, que é preenchido com água filtrada. Esta radiação luminosa gerada é captada por fotomultiplicadores ou PMTs (do inglês Photo-Multiplier Tube). Para filtrar apenas as partículas incidentes verticalmente, utilizamos um par de cintiladores orgânicos acoplados em PMTs alinhados verticalmente com o detector central, o qual fica situado entre os cintiladores. Esta configuração é conhecida como Telescópio de Múons, pois pode ser direcionado para qualquer direção na qual se deseja medir a incidência de partículas.

Um novo programa em linguagem C foi desenvolvido com protocolo de aquisição de dados e execução de testes com simuladores de pulsos para o Telescópio de Múons. Assim, o objetivo principal do projeto de pesquisa foi finalizar a montagem, planejar e executar experimentos de detecção com o Telescópio de Múons, além de registrar séries históricas de contagens de partículas.

## MATERIAL E MÉTODOS

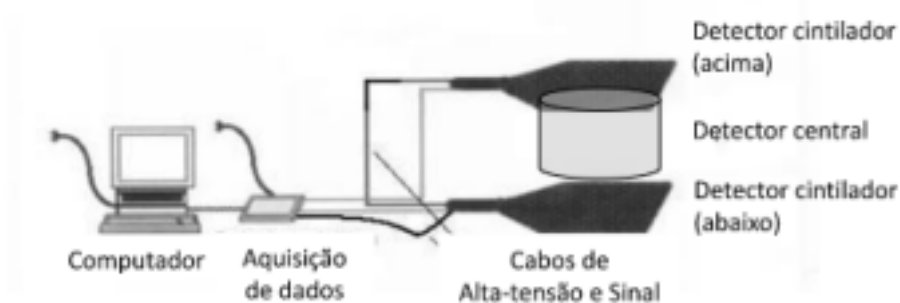
Após experimentos para verificação do bom funcionamento do sistema de aquisição de dados desenvolvido anteriormente e introdução de novos parâmetros na detecção, foi realizada a montagem de uma parte imprescindível do Telescópio de Múons, o sistema de coincidência. Foram conectados dois conjuntos PMT + Cintilador para o experimento de detecção, utilizando cintiladores de dimensões diferentes. Para filtragem e tratamento dos pulsos elétricos provenientes das detecções, foram utilizados módulos de instrumentação nuclear durante o experimento, sendo eles: Amplificador de Sinal, Fonte de Alimentação, Discriminador Octal, módulo AND A & B e um Osciloscópio digital.

Com o sistema de coincidência montado e testado através dos experimentos de aquisição de

dados com os conjuntos de detecção, foi dada continuidade na montagem do detector central do Telescópio de Múons. Para isso, uma PMT foi acoplada a um tubo preso na tampa superior de um tanque preenchido com 250 litros de água, servindo como suporte da fotomultiplicadora.

Assim que partículas relativísticas carregadas cruzam o tanque preenchido com água (detector central), é produzida a luz Cherenkov, a qual é captada pela fotomultiplicadora acoplada na parte superior, e que por sua vez, emite um pulso elétrico correspondente ao evento detectado. A saída da PMT está conectada em um dos canais do osciloscópio utilizado no projeto. Para filtrar apenas as partículas incidentes verticalmente, o sistema de coincidência está alinhado verticalmente com o detector central, o qual fica situado entre os conjuntos de detecção composto pelos cintiladores. Dessa forma, o acionamento da captação do evento só acontece quando a partícula, além de cruzar o tanque, também passa pelos conjuntos cintiladores superior e inferior. Na figura 1, um desenho que representa o funcionamento do Telescópio de Múons.

Figura 1: Funcionamento do Telescópio de Múons

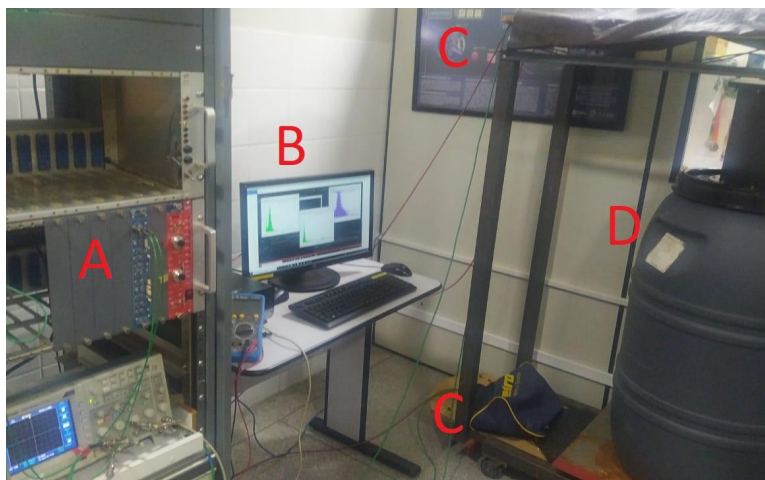


Fonte: Próprio Autor

## RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

Nesse projeto, a configuração do Telescópio de Múons foi finalizada, onde foram montadas o sistema de coincidência para aquisição de dados apenas de partículas que incidem verticalmente o detector, utilizando os conjuntos detectores como filtros e um módulo de instrumentação que realiza a verificação de coincidência e aciona a aquisição de dados do evento detectado pelo Telescópio, adquirindo as informações da PMT localizada no detector central, o qual também foi montado durante o período do projeto. Na figura 2, a montagem completa do Telescópio de múons em funcionamento.

Figura 2: Montagem completa do Telescópio de Múons. Módulos de instrumentação (A), Software de controle de aquisição de dados (B), conjuntos detectores do sistema de coincidência (C) e detector central do Telescópio (D)

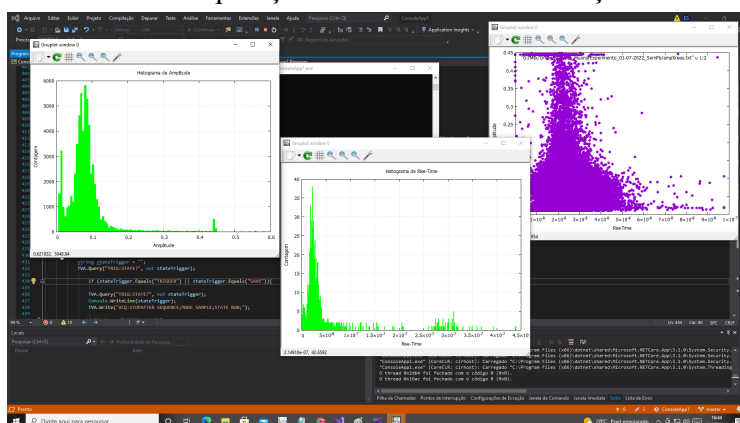


Fonte: Próprio Autor

O software desenvolvido é responsável pelo controle e aquisição de dados do Telescópio de Múons. Com o uso do GNU PLOT integrado ao software de controle do Telescópio, o usuário pode acompanhar em tempo real a aquisição de dados dos eventos, sem a necessidade do experimento ser finalizado para realizar algum ajuste que seja necessário. A aplicação demonstra robustez, recuperando a aquisição de dados sem maiores problemas em situações de perda de conexão com osciloscópio ou uma queda de energia por exemplo, permitindo a montagem de experimentos que duram vários dias.

A aplicação conta com três tipos de histogramas, atualizados em tempo real do experimento em curso para análise e acompanhamento dos eventos, sendo eles: histograma de Amplitude do pulso, o qual equivale a energia das partículas deixada durante a passagem pelo detector, histograma de Rise-time do pulso e um histograma no qual as informações do rise-time e amplitude são cruzadas, o qual ajuda a visualizar a separação das componentes no decaimento do múon. Na imagem 3, a execução do software de controle do Telescópio com os histogramas em tempo real.

Figura 3: Software de aquisição de dados com a exibição dos histogramas



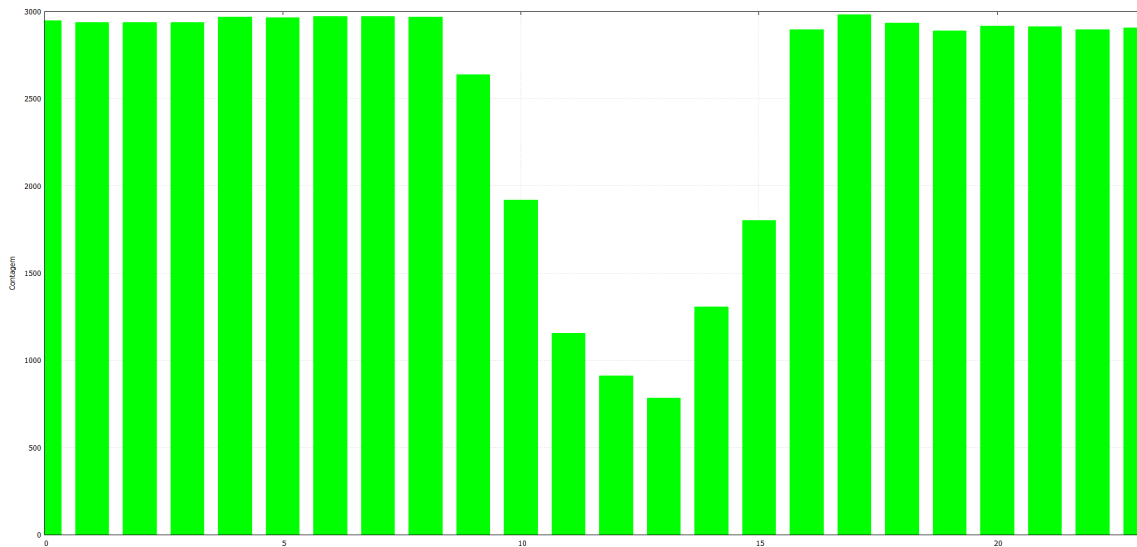
Fonte: Próprio Autor

Um dos maiores problemas que influenciavam na aquisição de dados era o tempo morto entre as aquisições. Na versão anterior do Telescópio de múons, o tempo morto era de 10 segundos, o que poderia levar a perda de eventos pertinentes durante os experimentos. Com a aplicação desenvolvida durante o projeto, esse tempo morto foi reduzido para 5 segundos, diminuindo em

50% as chances de perdas de eventos e possibilitando uma rápida retomada para uma nova aquisição no detector de partículas.

Foram realizados diversos experimentos, sempre verificando parâmetros no Telescópio de múons. Um desses experimentos visou verificar quais eram os períodos do dia em que mais havia atividade de detecção. Realizando a análise dos dados da série histórica e das contagens durante o período do experimento montado, obtivemos um histograma da quantidade de eventos (detecções) durante os horários do dia (figura 4), o que possibilitou verificar uma anomalia na contagem de eventos, mostrando uma queda do número de eventos ao longo do dia.

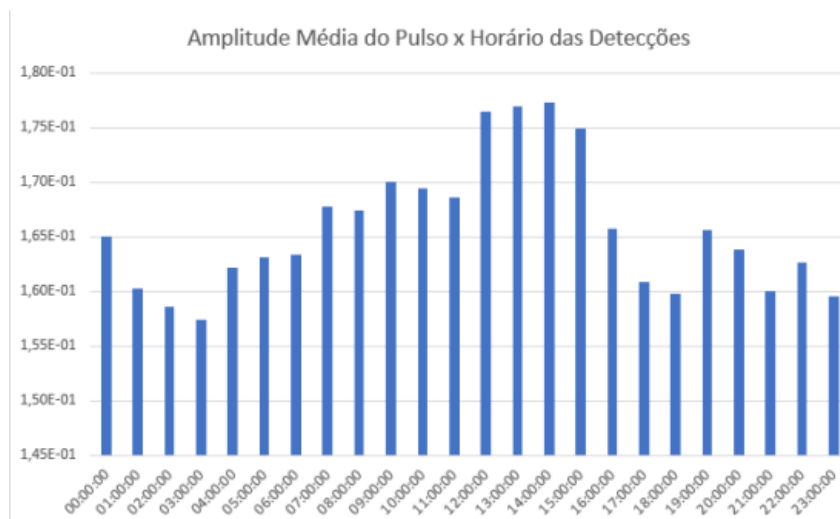
Figura 4: Histograma quantidade de eventos x horário do dia



Fonte: Próprio Autor

Utilizando os dados armazenados pela aplicação, provenientes das detecções, e a ferramenta Excel, foi possível montar um gráfico da amplitude média do pulso x horário das detecções (figura 5), mostrando que durante o período das 12:00 até as 15:00 do dia era o momento que ocorria as detecções mais energéticas no detector de partículas.

Figura 5: Gráfico Amplitude média x Horário da detecção



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O projeto foi desenvolvido e os objetivos que foram propostos alcançados. Hoje contamos com uma plataforma capaz de realizar experimentos de aquisição de dados de um detector de partículas, na configuração do Telescópio de Múons. É possível visualizar os dados dos eventos que estão sendo detectados em tempo real através de histogramas que exibem informações importantes deixadas pela partícula na detecção, como a amplitude e rise-time. Podemos iniciar e finalizar o experimento a qualquer momento desejado, podendo planejar experimentos que durem dias. Além disso, os experimentos podem ser acompanhados de forma remota, verificando o andamento sem a necessidade de estar fisicamente no laboratório.

## **REFERÊNCIAS**

Fonseca, Thiago de Araujo Franco; Junqueira, Bruno Machado. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO PARA O REGISTRO DE SINAIS DE DETECTORES DE FÓTONS.

Disponível em:

<http://www.lee.uerj.br/~jpaulo/PG/2003/PG-Contador-Particulas-2003.pdf> . Acessado em 21 de janeiro de 2020.

Y. Jerónimo, H. Salazar, C. Vargas, L. Villaseñor, Separation of cosmic-ray components in a single water

Cherenkov detector, in: U. Cotti, M. Mondragón, G. Tavares-Velasco (Eds.), Proceedings of the X Mexican School of Particles and Fields, AIP Conference Proceedings, vol. 670, 2003, pp. 479–486.

LEO. W.R., Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, 2nd Ed., Springer-Verlag, 1994;