

# **INTRODUÇÃO À FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS: OS FUNDAMENTOS E AS FERRAMENTAS**

**Aluno: Rafael Silva Coutinho**  
**Orientador: Carla Göbel Burlamaqui de Mello**

## **Introdução**

A Física de Partículas, ou Física de Altas Energias, se propõe a estudar os constituintes elementares da matéria e suas interações. Nas últimas décadas, tem havido um enorme avanço nesta área, tanto do ponto de vista experimental como teórico. Temos trabalhado em busca de familiarizar-nos tanto a nível conceitual como através da prática relacionada à análise de dados em física experimental.

## **Objetivos**

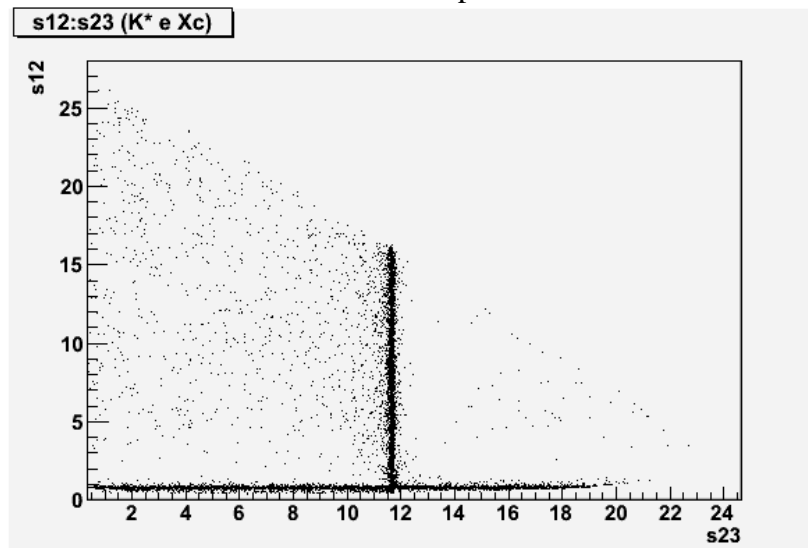
O objetivo deste projeto foi iniciar os primeiros estudos na área de Física de Partículas. Tal proposta teve duas linhas de abordagem. A primeira, mais teórica, visava adquirir os elementos fundamentais para o acercamento e entendimento da física das partículas elementares e suas interações. A segunda, mais prática e voltada para a área experimental, é o aprendizado de métodos computacionais atuais da área.

## **Metodologia**

Iniciou-se o projeto com a familiarização de alguns conceitos de relatividade restrita e mecânica quântica [1]. Utilizando esses conhecimentos foram feitos cálculos em medidas de conservação do quadri-momento e energia para decaimento de partículas. Em seguida desenvolvemos estudos direcionados sobre a estrutura do Modelo Padrão das interações fundamentais e suas partículas. Prosseguimos nossos estudos focando nas simetrias das naturezas, em particular as simetrias discretas de Carga (C) e Paridade (P). Com isso, foi possível discutir alguns aspectos de violação de carga-paridade (CP), fenômeno associado à assimetria entre matéria e antimatéria no Universo o que resultou em um seminário. Paralelamente a isso, procuramos nos deparar com o caráter experimental da área iniciando o estudo em experimentos de altas energias principalmente em relação a detectores e aceleradores [2]. Para tanto, tive que primeiro analisar quais eram os mecanismos pelos quais isolamos partículas para utilizarmos nos experimentos. Além disso, ocorreu a investigação dos tipos de aceleradores e os principais métodos de detecção de partículas. Este processo ocorre primeiramente com a aceleração da partícula em uma trajetória linear até adquirir uma velocidade inicial em que ela é colocada numa trajetória circular enquanto outra partícula inicia este mesmo processo. Em certo instante de tempo as duas partículas colidem ocorrendo o evento na região do detector. Este é constituído de diversos sub-detectores, (Cerenkov, Drift Chamber, Calorímetros) específicos para cada tipo de função. Por meio destes instrumentos é possível descobrir as trajetórias, momenta e a identidade das partículas produzidas.

Procuramos ainda conhecer as ferramentas utilizadas no LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment), com a familiarização da linguagem C++ [3] e o pacote de bibliotecas e interface gráfica Root [4]. Começamos criando histogramas e ajustando gráficos de funções utilizando amostras de simulações do Root. Em seguida, desenvolvemos programas que simulam o decaimento de partículas em três corpos. Nesse sentido vislumbra-se o evento ocorrendo em um espaço de fase chamado Dalitz plot que representa uma região

física de  $p \rightarrow p_1 + p_2 + p_3$  em um plano relacionado às massas invariantes do evento [5]. Como escolha principal discutimos o decaimento do méson  $B^+ \rightarrow K^+ p^- p^+$ , utilizando para este processo o método de Monte Carlo [6]. O estado final acima pode ser produzido através de diferentes estados ressonantes intermediários. Por exemplo, (1)  $B^+ \rightarrow K^*(p^+)$ ;  $K^* \rightarrow K^- p^+$  e (2)  $B^+ \rightarrow c_c K^+$ ;  $c_c \rightarrow p^+ p^-$ . As partículas  $K^*$  e  $c_c$  são exemplos de ressonâncias: elas decaem por interação forte, com tempo de vida  $\leq 10^{-20}$  s – não podem ser observadas diretamente, somente por meio de seus produtos de decaimento. Mostramos abaixo um Dalitz Plot simulado destes dois canais para o decaimento  $B^+ \rightarrow K^+ p^- p^+$ .



### Conclusões

Por meio desse projeto fui capaz de me aproximar dos conceitos teóricos envolvendo as etapas anteriores à obtenção de dados experimentais e à técnica de obtenção de amostras propriamente dita. Além disso, foram feitos diversos avanços na familiarização dos recursos computacionais que possibilitaram a princípio uma análise qualitativa dos eventos de interferência na produção de seu produto final. Na continuação deste projeto nos encaminhamos para a incorporação de dinâmica nos processos de decaimento e estudos estatísticos de sensibilidade para parâmetros de violação de CP.

### Referências

- 1- EISBERG, Robert. RESNICK, Robert. **Física Quântica**.
- 2 – DAS, A. FERBEL, T. **Introduction to Nuclear and Particle Physics**. 2ed. University of Rochester, USA.
- 3 – CAPPER, D.M. **Introducing C++ for Scientists, Engineers and Mathematicians**. 3ed.1996, Springer-Verlag.
- 4 – <http://root.cern.ch>
- 5 - BYCKLING, E. KAJANTIE, K. **Particle Kinematics**. Wiley-Interscience, 1973.
- 6 – LYONS, Louis. **Statistics for nuclear and particle physicists**. Cambridge University Press.