

# 1

## Introdução

Em 1964, observou-se pela primeira vez a violação da simetria discreta - combinada - CP (carga e paridade), ao estudar decaimentos de káons neutros,  $K^0(d\bar{s})$  e  $\bar{K}^0(\bar{d}s)$  [1]. Até aquele momento, acreditava-se que esta era uma simetria exata da natureza. Desde então, importantes esforços teóricos e experimentais têm sido feitos para entender sua origem, dado que este fenômeno é fundamental para o nosso entendimento da natureza: a violação de CP define uma distinção absoluta entre matéria e anti-matéria. De fato, de acordo com às condições estabelecidas pelo físico Sakharov (1967) [2] é necessário haver violação de CP para explicar a assimetria observada bariônica no universo.

O chamado Modelo Padrão das interações fundamentais incorpora naturalmente a violação de CP. A origem de violação de CP no Modelo Padrão é a chamada matriz de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) [3, 4], que associa os auto-estados de massa dos quarks ( $q$ ) aos auto-estados da interação fraca ( $q'$ ) através de seus elementos  $V_{q_1q_2}$ . Havendo três famílias de quarks (u,d), (c,s), (t,b), a matriz é de ordem 3. O Modelo Padrão requer que esta seja unitária, portanto os nove elementos não deveriam ser independentes e a matriz estaria caracterizada por três parâmetros reais (ângulos de rotação) e uma fase complexa. É a presença deste parâmetro complexo que introduz a violação de CP de maneira natural dentro do modelo. Uma representação útil para a violação de CP no Modelo Padrão é o chamado triângulo unitário, que surge da relação imposta por unitariedade  $V_{ud}V_{ub}^* + V_{cd}V_{cb}^* + V_{td}V_{tb}^* = 0$  no plano complexo [5, 6, 7, 8]. O triângulo define os ângulos internos  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ : ou seja, o Modelo Padrão prediz  $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ . Assim, estudos de processos envolvendo violação de CP que permitam medir independentemente estes parâmetros representam um teste de base para o Modelo Padrão, [9, 10, 11, 12, 13, 14].

Apesar da violação de CP haver sido observada primeiramente através da chamada oscilação de káons neutros [1], é através do estudo de decaimentos de mésons B (contendo o quark b) onde é possível obter informações mais precisas deste efeito, [10, 12]. Esta foi a principal motivação para o desenvolvimento

de projetos de construção de Fábricas de B [15]: os experimentos BaBar[16] (SLAC, USA) e Belle (KEK, Japão) [11], que começaram a funcionar em 1999 e ainda estão em atividade. De fato, a violação de CP foi observada já em diversos processos de mésons B [15, 9, 12, 8], existindo boas medidas dos ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ .

Entretanto, será possivelmente o LHCb que será decisivo o entendimento do fenômeno da violação de CP uma vez que, devido a grande estatística, viabilizará medidas em várias ordens. O LHCb é um dos quatro experimentos do LHC (*Large Hadron Collider*), no CERN (Suíça), onde serão realizadas colisões próton-próton com uma energia de centro de massa de 14 TeV, com alta luminosidade, e com início de atividade prevista para o fim de 2009. O LHCb deverá obter sensibilidade suficiente para determinar todos os parâmetros responsáveis por este efeito [17, 18, 19]. Desta maneira, o objetivo principal é verificar se os mecanismos do Modelo Padrão explicam o fenômeno e, em caso contrário, indicar caminhos para a física além do Modelo Padrão.

Dos três ângulos do triângulo complexo, o de mais difícil medida é o  $\gamma$ . Nesta dissertação, queremos estudar o decaimento  $B^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^- \pi^+$  que, como veremos, pode trazer informações de  $\gamma$ , [9, 20]. Este canal foi recentemente estudado pelo experimento BaBar [21], com uma amostra total de cerca de 4 mil eventos e uma relação sinal-ruído de 1:2. Sendo um decaimento em três corpos, foi feita uma análise de amplitudes, considerando os vários estados ressonantes que podem contribuir ao estado final, pelo ajuste da distribuição dos eventos no Dalitz Plot, que representa o espaço de fase bi-dimensional do processo. Na estatística alcançada, não foi observada nenhuma assimetria de CP.

Nosso objetivo foi fazer um estudo deste canal, baseado em amostras de Monte Carlo do experimento LHCb, para determinar a expectativa do número de eventos esperados tanto para este sinal, como para fontes de ruído, estimando uma luminosidade integrada de  $2 \text{ fb}^{-1}$  por ano. Esta é a estimativa nominal anual para o LHCb, porém só deverá ser alcançada após os primeiros anos de tomada de dados.

Esta dissertação está dividida da seguinte forma. No capítulo 2, descrevemos brevemente o Modelo Padrão e a Violação de CP. No capítulo 3, descrevemos aspectos relevantes sobre decaimentos em três corpos, sobre Dalitz Plot e em particular sobre o decaimento  $B^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^- \pi^+$ . No capítulo 4, apresentamos uma descrição do experimento LHCb. O processo de seleção das amostras e resultados finais são apresentados no capítulo 5. Finalmente, no capítulo 6, apresentamos nossas conclusões.