1

Introdução

Os Raios Cósmicos de Ultra Alta Energia (UHECR em inglês) são partículas com energias acima de 10^{18} eV, que viajam através da galáxia e incidem constantemente sobre a Terra em todas as direções. O estudo desses é um dos desafios da física moderna, uma vez que sua origem e mecanismo de produção são ainda um mistério.

Diversos modelos foram propostos para explicar as fontes dos raios cósmicos de mais altas energias, entretanto, nenhum teve sucesso completo. Uma vez que o fluxo de UHECR é baixo, torna-se extremamente difícil de se medir a partícula primária. Dessa forma, Chuveiros Atmosféricos Extensos (EAS em inglês), que formam o conjunto de partículas secundárias produzidas quando o raio cósmico interage com a atmosfera, são utilizados para estudá-la.

Há duas técnicas básicas para se medir EAS. A primeira utiliza um arranjo de superfície que realiza a amostragem das partículas do chuveiro quando essas atingem o solo e a segunda técnica faz uso do fato de que as partículas do chuveiro produzem luz de fluorescência quando interagem com a atmosfera. Muitos experimentos tentaram medir o espectro dos raios cósmicos usando tais técnicas. Todavia, os resultados não são consistentes entre diferentes detectores, em particular, há o caso da discrepância entre os experimentos AGASA e HiRes. Assim, surge a necessidade de se construir um novo observatório, grande o suficiente para acumular a estatística necessária, auxiliar na solução dessas discrepâncias e agregar resultados confiáveis.

O Observatório Pierre Auger foi criado com essas motivações. Ele utiliza duas técnicas complementares para detectar raios cósmicos. O projeto consiste de dois observatórios com características similares, um em cada hemisfério. O observatório sul encontra-se em seu último estágio de construção, e localizado na província de Mendoza-Argentina, ele cobrirá uma área de 3000 km^2 . Estima-se que cada observatório detectará diversos eventos por ano acima de 10^{20} eV, permitindo estudos de alta estatística.

O Observatório Pierre Auger foi concebido para explorar o espectro de energia dos raios cósmicos das mais altas energias, suas possíveis fontes e composição química. Na busca pelas fontes dos raios cósmicos, é de grande

importância determinar a distribuição de suas direções de chegada, inferidas a partir dos dados coletados pelo detector de superfície por meio da reconstrução da geometria do chuveiro produzido pelo raio cósmico. Para se atingir uma medida otimizada dessas direções, é necessário que se tenha uma boa estimativa das incertezas experimentais.

O objetivo dessa tese é estudar a resolução angular do detector de superfície do Observatório Pierre Auger, usando os dados coletados de 2004 a abril de 2007. Determinamos a resolução angular evento-a-evento, tomando por base o fato de que medidas da resolução angular dependem fortemente da precisão sobre o tempo de chegada das partículas nos detectores. Esses tempos são usados para reconstruir a frente do chuveiro quando ele atinge o solo, estabelecendo assim a relação com a direção de chegada do raio cósmico. Usando-se as incertezas nos ângulos zenital e azimutal da direção de chegada, é possível calcular a resolução angular de cada evento. Para confirmar os valores da resolução angular obtidos dessa forma, uma medida direta é realizada, usando-se subconjuntos de eventos. Dois subconjuntos são utilizados. O primeiro faz uma comparação dos sinais medidos por uma subrede de detectores dispostos muito próximos uns dos outros. Dada a pequena distância entre os tanques, tais estações são capazes de fazer uma amostragem da mesma região do chuveiro, permitindo uma comparação de medidas de tempo e sinal. Usando-se os valores obtidos a partir dessa comparação, somos capazes de estimar a resolução angular de uma forma direta. O segundo subconjunto usa eventos híbridos, isto é, aqueles registrados simultaneamente pelos detectores de fluorescência e superfície. Uma vez que a resolução angular dos híbridos é bem pequena, podemos estimar então a resolução somente da reconstrução de superfície, usando os híbridos como referência.

O segundo capítulo contém uma introdução aos conceitos que são usados no desenvolvimento desse trabalho, tais como a descrição dos raios cósmicos, seu espectro, composição química e, por fim, discutimos também os problemas que persistem no caminho do entendimento dos raios cósmicos mais energéticos. No terceiro capítulo, discute-se a definição de EAS, sua composição, desenvolvimento, propagação e os parâmetros utilizados para se extrair informação acerca do raio cósmico primário. O capítulo 4 apresenta uma descrição completa do Observatório Pierre Auger. No capítulo 5 explica-se os métodos utilizados no cálculo da resolução angular, a análise e comparação dos resultados. O último capítulo contém as conclusões e sugestões de trabalho futuro.