



SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO APLICADAS AO ESTUDO DE RAIOS CÓSMICOS

Ali Marques dos Santos*, Danelise de Oliveira Franco, Carola Dobrigkeit

Resumo

Os raios cósmicos são, até hoje, uma fonte de pesquisa para obter informações de eventos astrofísicos. Em suma, raios cósmicos são partículas constituídas de núcleos de átomos que penetram a atmosfera terrestre e ionizam a mesma, formando em suas interações os chamados chuviros atmosféricos. Os mais energéticos chegam a produzir mais de um bilhão de partículas. O Observatório Pierre Auger é, atualmente, o maior observatório já construído com o objetivo de detectar e estudar tais partículas. Por se tratar de eventos não determinísticos, o Método de Monte Carlo é qualificado para realizar simulações dos mesmos. Foram feitas simulações de direções de chegada de raios cósmicos distribuídas isotropicamente para testar a hipótese de isotropia aplicando um modelo estatístico e comparando ao resultado do teste aplicado aos dados do Observatório Pierre Auger.

Palavras-chave:

Raios cósmicos, Monte Carlo, isotropia.

Introdução

Raios cósmicos são partículas originadas em eventos astrofísicos, em sua maioria núcleos de átomos. O Observatório Pierre Auger, localizado na Argentina, é o maior observatório já construído com o objetivo de detectar e estudar tais partículas, com foco em energias acima de 10^{17} eV [1].

Será testada a hipótese de isotropia das direções de chegada dos raios cósmicos, isto é, verificar se as direções são uniformemente distribuídas no espaço. Para isto, foi utilizado o Método de Monte Carlo, que consiste em realizar sucessivas simulações estatísticas [2][3].

Resultados e Discussão

Inicialmente, foi trabalhada a geração de números randômicos a partir de métodos computacionais, sendo estes uniformemente distribuídos entre 0 e 1, associando esta sequência a uma função densidade de probabilidade.

Para simular direções uniformemente distribuídas no espaço, desenvolveu-se a expressão para um ângulo sólido associando cada coordenada (ϕ , azimutal, e θ , zenital) a uma integral de uma distribuição uniformemente distribuída entre 0 e 1 (método chamado de método da inversão).

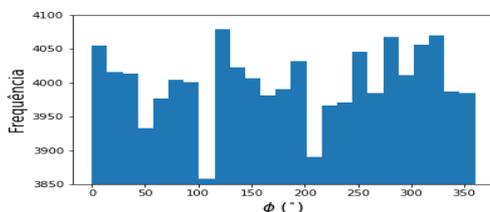


Figura 1. Histograma de 100 mil ângulos ϕ sorteados segundo uma distribuição uniforme.

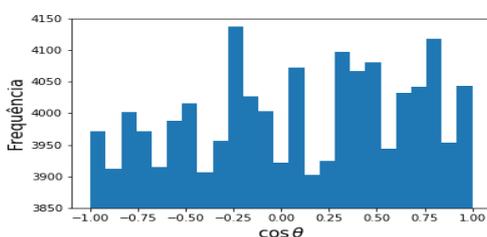


Figura 2. Histograma de 100 mil números randômicos associados à função $\cos \theta$, distribuídos uniformemente.

Desta forma, é possível obter um par de coordenadas ϕ e θ que representam uma direção no espaço que está uniformemente distribuída (isotrópico).

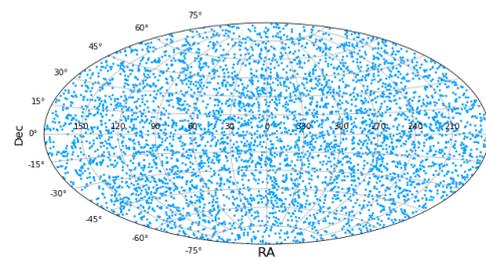


Figura 3. Gráfico Aitoff com as direções isotrópicas simuladas, em coordenadas equatoriais.

Visto a abrangência do Método de Monte Carlo, também foi possível simular, por exemplo, a eficiência de um detector de placas paralelas segundo sua geometria e números randômicos distribuídos segundo uma gaussiana.

Conclusões

A análise de dados está sendo realizada. Ao fim do projeto, aplicaremos um teste estatístico para correlacionar as direções simuladas com aquelas dos raios cósmicos medidos no Observatório para testar a hipótese de isotropia.

Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Carola Dobrigkeit, por todo apoio durante a pesquisa e à Mestre Danelise Franco por auxiliar na elaboração do gráfico Aitoff e todo o apoio na programação.

[1] The Pierre Auger Cosmic Ray Observatory. *Nucl. Instrum. Meth. A* 798, 2017, p. 172-213. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900215008086>. Acesso em set. 2018.

[2] Sobol, Ilya M. *A primer for the Monte Carlo method*. CRC press, 1994.

[3] Santos, Maria A. M.. *Simulações de Monte Carlo aplicadas ao estudo de raios cósmicos*. Relatório parcial do PIBIC. Submetido em fev. de 2019.