



Ferramentas de Simulação e o Estudo de Raios Cósmicos

Elisa Garcia Pereira, Dimiter Hadjimichef
Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Objetivo

A utilização de simulação tem sido cada vez mais comum e se provado de extrema importância e eficácia no estudo de fenômenos físicos. Uma boa simulação, entretanto, depende de uma estrutura física extremamente avançada.

Para aprendermos e entendermos mais sobre como funciona a ferramenta Geant4 [2], escolhemos estudar raios cósmicos e utilizarmos da ferramenta Corsika [1], uma vez que esta é comumente utilizada para comparar com outras ferramentas de simulação e até mesmo experimentos da área. Essa pesquisa, portanto, focou na parte teórica de raios cósmicos e em simular em Corsika, com o objetivo de reproduzir os resultados em Geant4.

Introdução

Raios cósmicos são partículas provenientes do espaço que, quando entram na atmosfera terrestre, interagem com a mesma e decaem, assim causando a formação dos chuveiros de partículas. A ferramenta Corsika (COsmic Ray SIMulations for KAscade) tem como objetivo simular as propriedades e evolução de chuveiros de partículas, ele permite estudar interações e decaimento de núcleo, hadrons, múons, elétrons e fótons de altas energias -acima de 10^{20} eV- na atmosfera. Utilizando o Método de Monte Carlo, o Corsika se utiliza da linguagem Fortran e não necessita de nenhuma biblioteca adicional, fazendo-o acessível a quase qualquer computador que tenha Fortran instalado e sendo extremamente rápido quando comparado ao Geant4. O Geant4, porém, além do estudo de raios cósmicos, pode ser usado para estudos em outras áreas de física de alta energia.

O Geant4, um kit de ferramentas que se utiliza de programação orientada objeto e permite simular a interação de radiação com a matéria. Suas principais áreas de aplicação são: física de alta energia (HEP - High energy physics), física nuclear e aceleração de partículas, além disso ele também é utilizado para física médica e ciências espaciais. É importante salientar que o Geant4 é uma plataforma livre e está associada a uma colaboração mundial de cientistas e engenheiros de software cujo objetivo é desenvolver, manter e fornecer suporte.

Embasamento Teórico e Metodologia

Neste trabalho o embasamento teórico foi em sua grande maioria a documentação do Corsika [1]. Dentre os diversos parâmetros, um dos que se destaca para comparar o Corsika a outras ferramenta é a modelagem da atmosfera, que é parametrizada de acordo com a Equação 1.

$$T(h) = a_i - b_i \cdot \exp\left(\frac{-h}{c_i}\right); \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$$T(h) = a_5 - b_5 \cdot \frac{h}{c_5}$$

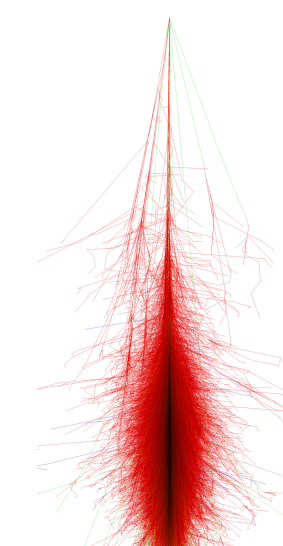


Figura 1: Projeção xz de um chuveiro proveniente da incidência de um próton com energia de 10 TeV. Fonte: Corsika [1]

Resultados

Dentre as diversas possíveis simulações escolhemos apresentar duas que se destacaram. A primeira são dados de γ e μ com o ângulo de incidência fixo a 0° no zênite. A segunda é novamente uma medida 0° fixo comparado com 20° fixo para, por fim, compará-los com o ângulo variando de 0° até 20° em relação ao zênite. Ambas as medidas são longitudinais, das quais o eixo horizontal é a altitude X e o vertical o número de partículas, para as Figuras 2 e 3 foi incidido um feixe de prótons com energia de 10 TeV, com ângulo de incidência azimutal de 0° e campo magnético de $20.0 \mu T$ a $42.8 \mu T$. A escolha de parâmetros da atmosfera foi a *U.S. standard atmosphere as parameterized by Linsley* [1].

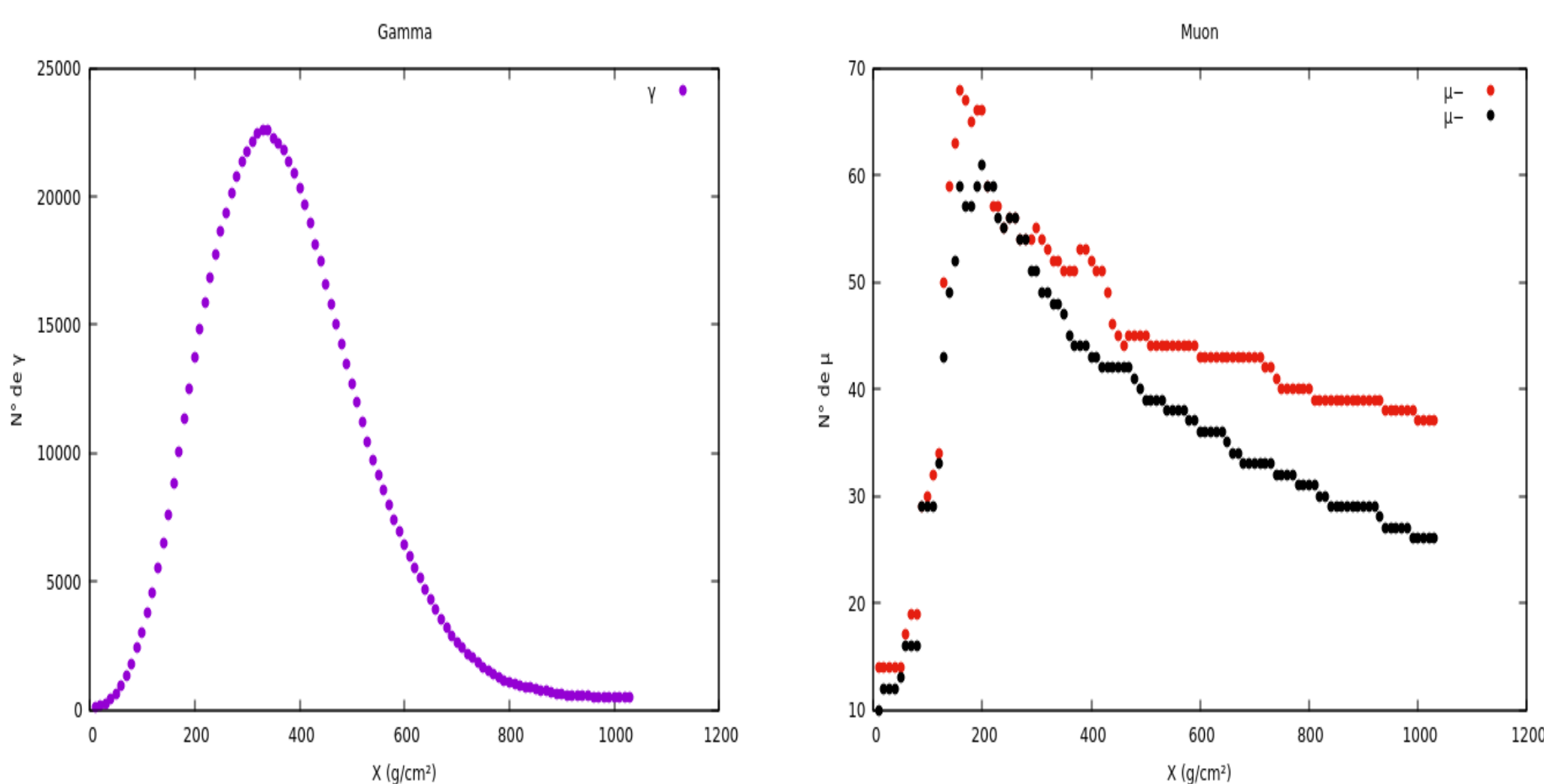


Figura 2: Medidas de γ e μ para o ângulo de incidência (zênite) : fixo em 0° .

Conclusões e Perspectivas

Foi realizado um estudo inicial de simulações de raios cósmicos usando o Corsika, onde foram obtidas as distribuições longitudinais de fótons e dos múons carregados para um conjunto de ângulos de incidência do próton (do feixe primário) na atmosfera. Este resultado serviu como base para a modelagem da atmosfera, usando a outra ferramenta (GEANT4) realizada no grupo HEPsim [3]. Uma perspectiva futura muito interessante, usando o Corsika, será introduzir efeitos de maré na atmosfera, mudando a eq. (1) e verificar se há oscilações nas distribuições de múon, como sugerem alguns experimentos atuais [4]. Por fim, um agradecimento especial a todos os membros do HEPsim, grupo de pesquisa do qual este estudo pertence.

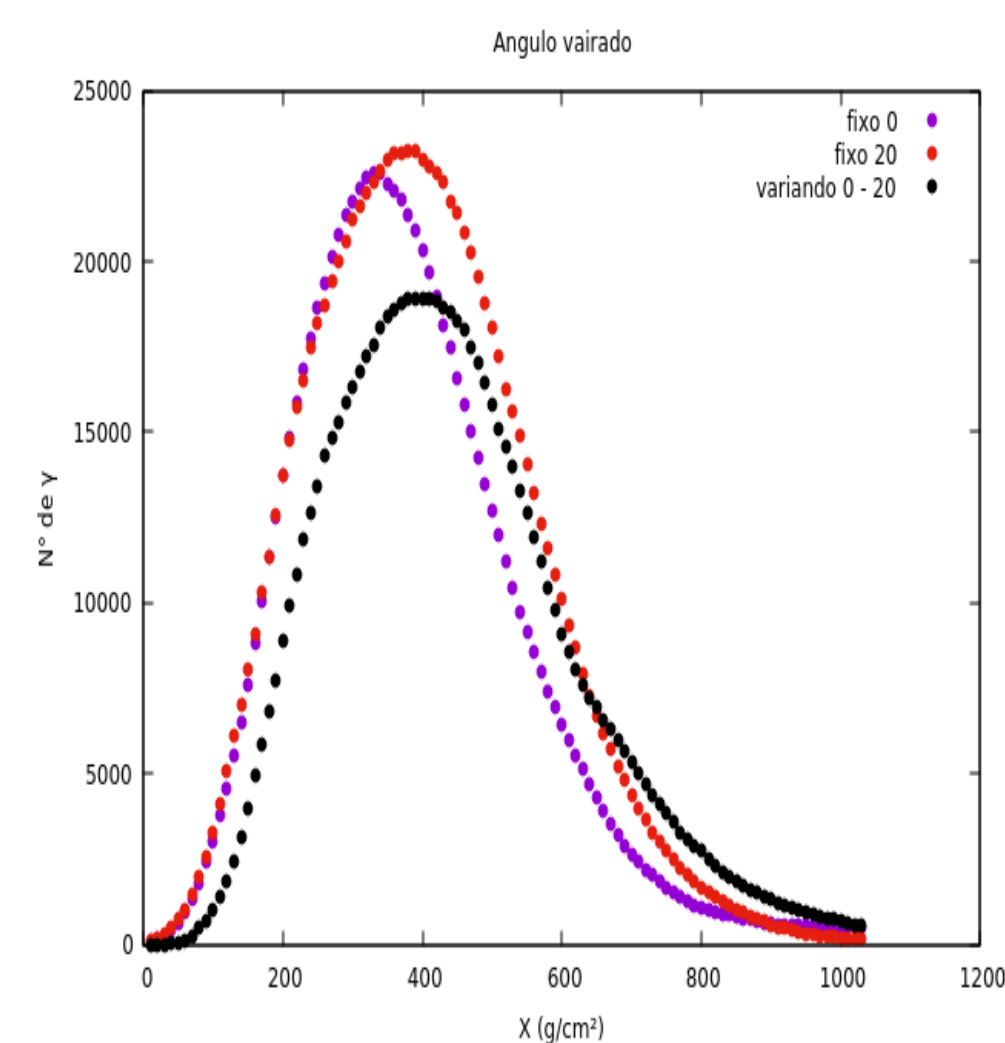


Figura 3: Ângulo de incidência (zênite) : fixo em 0° , fixo em 20° e variando de 0° até 20°

Referências

- [1] Corsika : <https://www.ikp.kit.edu/corsika/>
- [2] Geant4 : <https://geant4.web.cern.ch>
- [3] HEPsim : <https://www.ufrgs.br/hepsim/>
- [4] Helio Takai : Tidal Frequencies in the Time Series Measurements of Atmospheric Muon Flux from Cosmic Rays. H. Takai et al. arXiv:1610.05983 [astro-ph.HE]