

ESTUDO DA CORRELAÇÃO DE RAIOS CÓSMICOS DE ENERGIAS EXTREMAS

COM AS DIREÇÕES DE AGN PRÓXIMOS

Carolina Queiroz de Abreu Silva (PIBIC/SAE), Professora Carola Dobrigkeit Chinellato

DEPARTAMENTO DE RAIOS CÓSMICOS E CRONOLOGIA

INSTITUTO DE FÍSICA “GLEB WATAGHIN”- UNICAMP

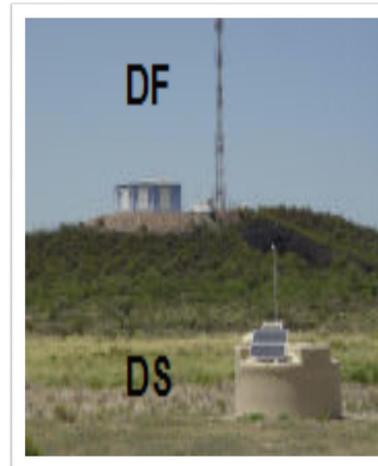
Palavras-chave: Raios cósmicos - Anisotropia - Observatório Pierre Auger



INTRODUÇÃO

Desde 2007 a Colaboração Auger tem estudado a distribuição das direções de chegada de raios cósmicos ultra-energéticos, acima de 57 EeV, e encontrado uma correlação entre essas direções e as posições de núcleos de galáxias ativas próximos (AGN), em um raio de 71 Mpc, que constam na 12ª edição do catálogo Véron-Cetty & Véron de quasares e radiogaláxias [1]. Essa é uma evidência de anisotropia nessa faixa de energia.

Este projeto tem como motivação a retomada desse estudo de correlação para a análise de anisotropia, incluindo agora a resolução experimental dos detectores de superfície na determinação dos ângulos de chegada dos raios cósmicos.

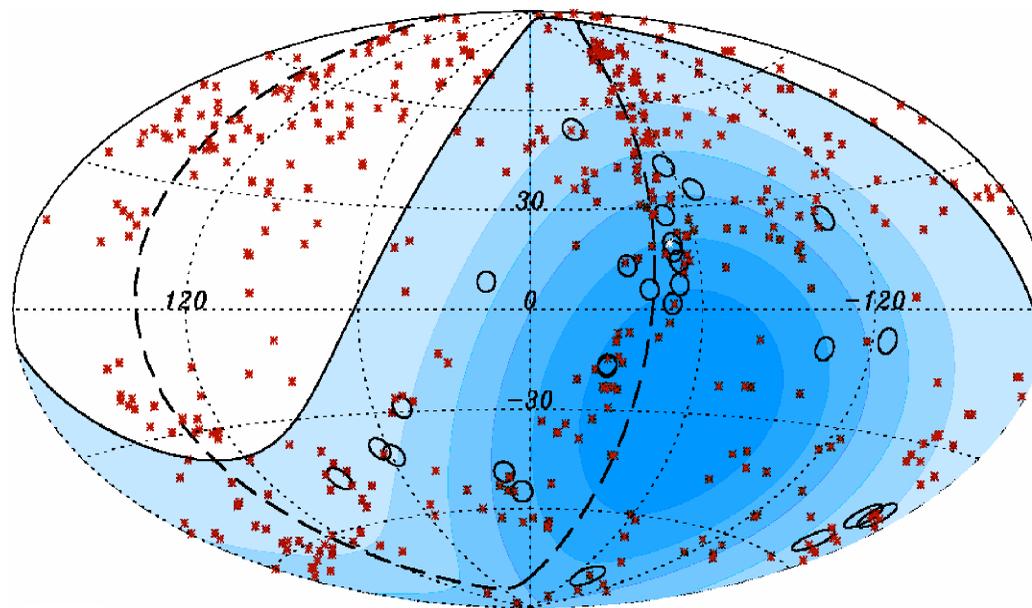


A figura mostra um dos detectores de superfície (DS) e um dos prédios com os detectores de fluorescência (DF) do Observatório Pierre Auger. (<http://www.auger.org>)

METODOLOGIA

Primeiramente, a Colaboração Auger realizou um estudo exploratório e verificou que a probabilidade mínima para a hipótese de direções de chegada isotrópicas ocorre para os seguintes parâmetros: distância máxima do AGN de 71 Mpc, energia mínima do raio cósmico de 57 EeV e separação angular máxima entre eles de $\psi=3,2^\circ$.

Neste projeto, utilizamos o Método de Monte Carlo para simular direções isotrópicas no céu e também para alterar as 27 direções de raios cósmicos originais utilizando uma gaussiana bidimensional para considerar a incerteza experimental ($\pm 1^\circ$).



Projeção Aitoff da esfera celeste em coordenadas galácticas com círculos de $3,2^\circ$ centrados nas direções de chegada dos 27 raios cósmicos detectados pelo Observatório Pierre Auger com energias reconstruídas $E > 57$ EeV. [2]

RESULTADOS

No teste de correlação das direções dos 27 eventos de raios cósmicos detectados pelo Observatório Pierre Auger com as direções dos 442 AGN selecionados e considerando os parâmetros estabelecidos pela prescrição, encontramos que 20 dos 27 eventos de raios cósmicos correlacionaram com pelo menos um dos AGN selecionados. Esse resultado está em concordância com o resultado obtido pela Colaboração Auger, como consta em [3].

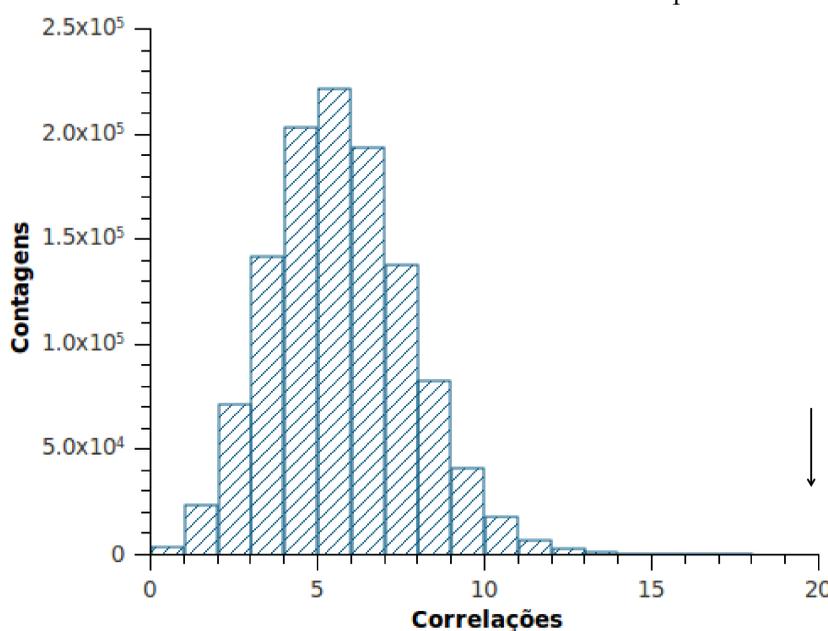
No teste de correlação das direções isotrópicas simuladas, em uma simulação de 1.140.000 conjuntos de 27 direções, não foi encontrada nenhuma correlação igual a 20. Portanto, temos que a probabilidade de encontrar 20 correlações dentre 27 eventos é menor que $1/1.140.000 \approx 10^{-4} \%$. No teste de correlação angular borrando as 27 direções de raios cósmicos originais, em uma simulação de 1.140.000 conjuntos de 27 direções, obtivemos 28.467 correlações iguais a 20. Portanto, temos uma probabilidade de $28.467/1.140.000 \approx 2\%$.

CONCLUSÃO

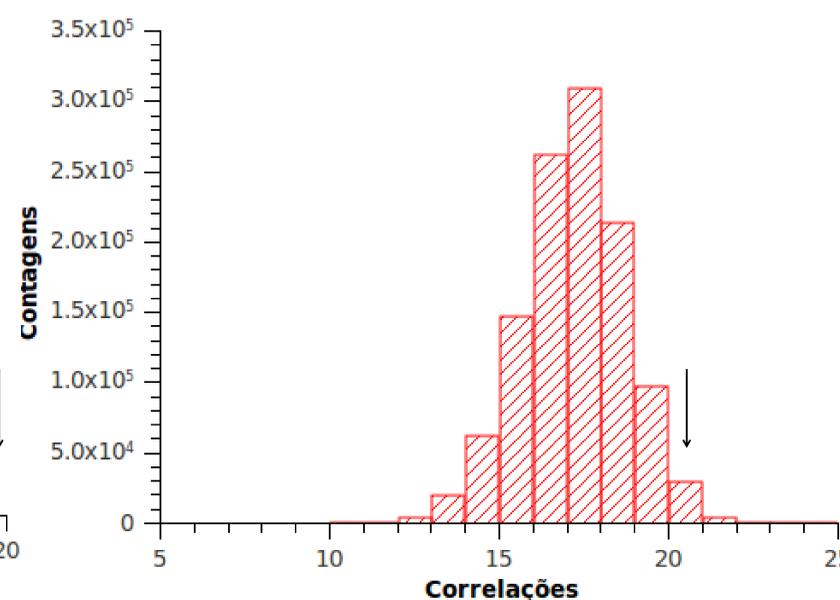
No teste de correlação com um grande número de direções isotrópicas simuladas, temos uma evidência da hipótese zero de isotropia. Como no teste com o conjunto de direções originais alteradas para representar a incerteza experimental obtivemos um número superior de correlações que o obtido no teste com o conjunto original, temos um indício de que a incerteza experimental pode facilitar a observação de correlação com as direções de AGN próximos.

REFERÊNCIAS

- [1] M.-P. Véron-Cetty, P. Véron, *Astron. Astrophys.* 445, 773 (2006).
- [2] J. Abraham et al, The Pierre Auger Collaboration, “Correlation of the highest-energy cosmic rays with nearby extragalactic objects”, *Science* 318, 939 (2007).
- [3] J. Abraham et al, The Pierre Auger Collaboration, “Correlation of the highest-energy cosmic rays with the positions of nearby active galactic nuclei”, *Astroparticle Physics* 29, 188 (2008).



Histograma do número de correlações para 1.140.000 conjuntos de 27 direções isotrópicas sorteadas. A média de correlações obtidas foi de 5,2 com desvio padrão de 2,0.



Histograma do número de correlações para 1.140.000 conjuntos de 27 direções borradas. A média de correlações obtidas foi de 16,7 com desvio padrão de 1,9.