

Yasmin Matos Amado<sup>1\*</sup>; Prof. Dra. Carola Dobrigkeit<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Física "Gleb Wataghin".

\*yasmin\_amado@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Os raios cósmicos são partículas eletricamente carregadas que chegam à Terra vindas do cosmos com altas energias e origens muito diversas. Quando uma dessas partículas colide com um núcleo atômico presente na atmosfera, parte de sua energia é transformada em massa, ou seja, em novas partículas com energias menores. Essas novas partículas, por sua vez, podem interagir com outros núcleos em efeito cascata, formando o assim chamado chuva atmosférica extensa. A partir dos sinais que as partículas do chuva deixam nos detectores de superfície do Observatório Pierre Auger (OPA), é possível determinar a direção de incidência do raio cósmico que deu origem ao chuva.

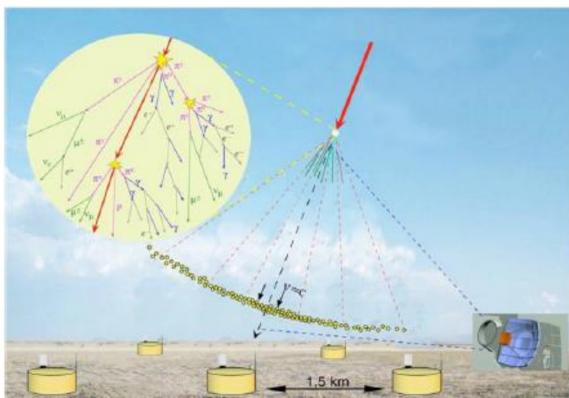


Figura 1 - Frente de um chuva de partículas chegando aos detectores de superfície.

## METODOLOGIA

Foram utilizados os dados públicos de eventos do OPA [1]. Cada evento é descrito pelo número de identificação dos detectores de superfície que deram sinal, intensidades do sinal medido, tempos em que os sinais foram registrados e coordenadas em que os detectores de superfície que mediram o sinal estão localizadas. As coordenadas utilizadas no OPA são as coordenadas de Mercator, as quais são obtidas a partir da projeção da superfície da esfera terrestre em um cilindro tangente ao meridiano central.

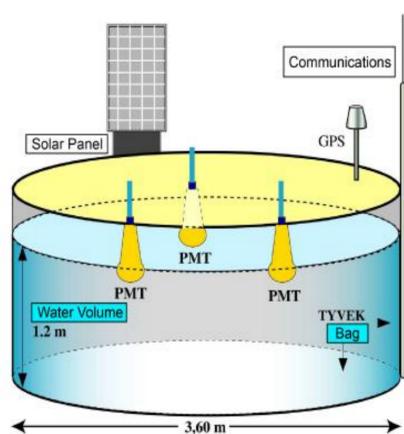


Figura 2- Detector de superfície do OPA.

As partículas carregadas de um chuva chegam ao solo e atravessam a água, contida no tanque do detector, com velocidades próximas à velocidade da luz. Algumas delas terão velocidades maiores do que a velocidade da luz na água e causarão a emissão de radiação ultravioleta, denominada Luz de Cherenkov. Cada detector possui três fotomultiplicadoras que medem e convertem essa radiação em sinais elétricos.

Tabela 1- Dados de um chuva disponibilizados pelo OPA.

#Id	Signal (VEM)	Time (sec)	Time (ns)	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)
351	10.36	1308400072	98973360	476128.06	6073663.02	1367.93
349	6.87	1308400072	98976831	474651.33	6073709.12	1368.52
358	4.36	1308400072	98973968	475377.13	6074955.81	1369.02

Primeiramente, determina-se o centro do chuva, denominado core, a partir dos valores das coordenadas e da intensidade do sinal em cada detector.

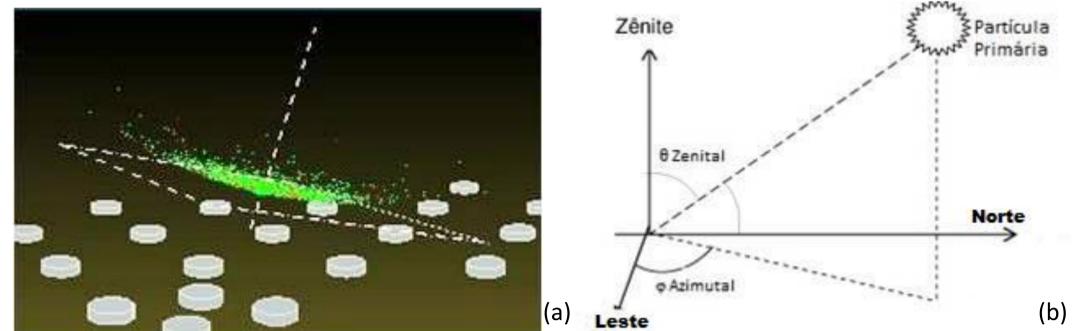


Figura 3- (a) Aproximação do plano do chuva atmosférico.

(b) Ângulos  $\theta$  e  $\phi$  determinam a direção do chuva.

A determinação da direção do chuva é feita utilizando os valores dos tempos e das coordenadas dos detectores de superfícies. A frente de partículas descendo ao solo com velocidade da luz é aproximada por um plano, e, impondo uma condição de mínimos, encontrar a direção da normal ao plano. Por hipótese, a direção normal ao plano corresponde à direção de incidência do raio cósmico.

## RESULTADOS

Os valores do centro e da direção dos chuvas analisados são mostrados nas tabelas abaixo.

Evento 000011966500	OPA	Obtido	Erro Relativo
Core Easting (m)	$475580 \pm 47$	475507	0,015%
Core Northing (m)	$6074094 \pm 110$	6073939	0,0003%
$\theta$ Zenital	$(50,0 \pm 0,8)^\circ$	49,8	0,32%
$\phi$ Azimutal	$(21,4 \pm 0,8)^\circ$	21,0	1,8%

Evento 000008042100	OPA	Obtido	Erro Relativo
Core Easting (m)	$480315 \pm 29$	480616	0,063%
Core Northing (m)	$6086814 \pm 33$	6086667	0,0002%
$\theta$ Zenital	$(15,6 \pm 0,03)^\circ$	15,6	0%
$\phi$ Azimutal	$(-78,5 \pm 1,7)^\circ$	75,7	3,4%

Evento 0000200183900	OPA	Obtido	Erro Relativo
Core Easting (m)	$457892 \pm 3,0$	457984	0,02%
Core Northing (m)	$6112029 \pm 25$	6112338	0,005%
$\theta$ Zenital	$(39,1 \pm 0,2)^\circ$	39,1	0%
$\phi$ Azimutal	$(67,7 \pm 0,5)^\circ$	69,5	2,6%

## CONCLUSÃO

Os dados obtidos para o centro de alguns chuva diferem dos dados disponibilizados pelo OPA em menos de 1%. O erros na determinação da direção do chuva são de no máximo 4%. Isso mostra que a aproximação da frente do chuva para um plano é um método confiável.

## REFERÊNCIAS

- [1] "Pierre Auger Project Design Report", [http://www.auger.org/technical\\_info/design\\_report.html](http://www.auger.org/technical_info/design_report.html)
- [2] "A guide to explore the Pierre Auger Observatory public data", P. Abreu, S. Andringa, F. Diogo, M.C. Espirito Santo, Nota Interna da Colaboração Auger GAP Note 2012-137, 2012.