

## De galáxias muito, muito distantes!

Em um artigo publicado na prestigiosa revista Science em 22 de setembro, a Colaboração Pierre Auger apresenta evidências observacionais de que raios cósmicos com energias um milhão de vezes maiores que os prótons acelerados no Large Hadron Collider são produzidos em locais bem mais distantes que aqueles dentro da Via Láctea. Desde o estabelecimento nos anos 1960 da existência de raios cósmicos com energias individuais de vários Joules<sup>1</sup>, muito se tem especulado acerca da origem galáctica ou extragaláctica dessas partículas. O mistério de meio século foi solucionado usando-se um conjunto de partículas cósmicas com energia média de 2 Joules detectadas com o maior observatório de raios cósmicos já construído, o Pierre Auger na Argentina. O recente resultado mostrou que a essas energias a taxa média de chegada de raios cósmicos é ~6% maior para aqueles vindos de uma direção particular do céu do que para os da direção oposta, o excesso tendo origem em uma região distante 120° do centro da galáxia.

Na visão do Professor Karl-Heinz Kampert (Universidade de Wuppertal), porta-voz da Colaboração Auger, que envolve mais de 400 cientistas de 18 países, *“Estamos agora consideravelmente mais próximos de resolver o mistério de onde e como essas partículas extraordinárias são criadas, uma questão de grande interesse para os astrofísicos. Nossas observações fornecem fortes evidências de que os locais de aceleração se encontram fora da Via Láctea”*. O Professor Alan Watson (Universidade de Leeds), porta-voz emérito da colaboração, considera este resultado como sendo *“um dos mais estimulantes que obtivemos e que soluciona um problema visado quando o Observatório foi concebido por Jim Cronin e por mim há mais de 25 anos”*.

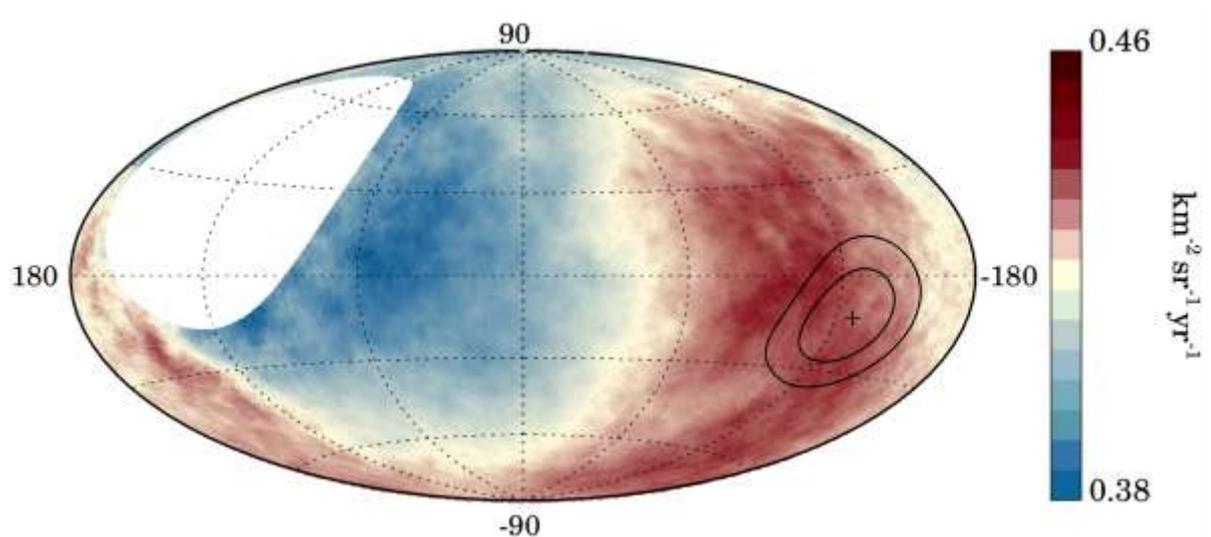
Raios cósmicos são núcleos de elementos químicos desde o hidrogênio (o próton) ao ferro. Para energias superiores a 2 Joules, a taxa de bombardeio da atmosfera superior é de apenas uma partícula por quilômetro quadrado por ano, ou apenas uma colisão por século no interior do perímetro de um campo de futebol. Essas partículas raras são detectáveis porque criam cascatas de elétrons, fótons e múons (uma partícula semelhante ao elétron, porém 200 vezes mais pesada) ao interagirem sucessivamente com os núcleos de elementos químicos da atmosfera, como o nitrogênio e o oxigênio. Essas cascatas, também chamadas de chuviros atmosféricos, cruzam a atmosfera essencialmente à velocidade da luz numa estrutura similar a uma panqueca com vários quilômetros de diâmetro. Elas contêm mais de dez bilhões de partículas e no Observatório Pierre Auger são detectadas por meio da luz Cherenkov produzida em alguns dos seus 1660 tanques, cada um contendo 12 toneladas de água e espalhados por 3000 km<sup>2</sup> no oeste da Argentina, uma área cerca de duas vezes aquela da cidade de São Paulo (ver figura). Os tempos de chegada das partículas da cascata nos detectores, medidos com receptores GPS, são usados para determinar as direções de chegada de eventos com uma precisão de ~1°.

Ao estudar a distribuição de direções de chegada de mais de 30000 partículas a Colaboração Pierre Auger descobriu uma anisotropia, com uma significância estatística de 5,2 desvios-padrão (ou uma probabilidade de dois em dez milhões de que a anisotropia seja uma flutuação estatística a partir de uma distribuição isotrópica), numa direção do céu onde a distribuição de galáxias é relativamente alta. Embora tal descoberta indique claramente uma origem extragaláctica para as partículas, as fontes individuais ainda precisam ser identificadas. A direção do excesso de fluxo aponta para uma região extensa do céu ao invés de fontes astrofísicas específicas, uma vez que mesmo partículas tão energéticas quanto estas são desviadas por algumas dezenas de graus no campo magnético da nossa galáxia. Ainda assim, a direção identificada não pode ser associada com fontes comumente tidas como candidatas no plano da Via Láctea ou no seu centro, mesmo que todas as configurações conhecidas de campo magnético galáctico sejam levadas em consideração.

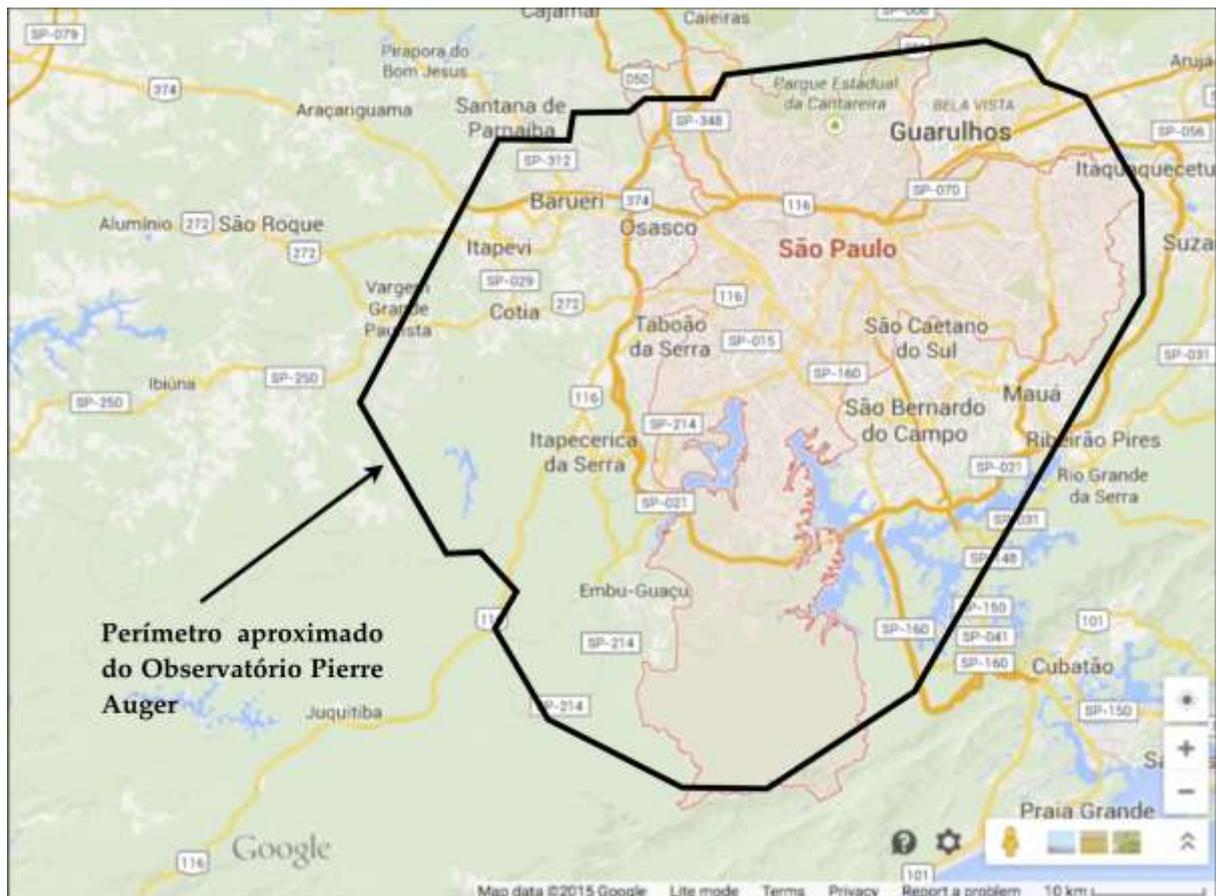
---

<sup>1</sup> 1 Joule = ~ 6 x 10<sup>18</sup> eV

Raios cósmicos com energias ainda maiores que o valor médio associado às partículas utilizadas neste estudo existem, com alguns atingindo até a energia de uma bola de tênis bem rebatida. Uma vez que as deflexões magnéticas de tais partículas são menores, suas direções de chegada na Terra devem estar mais correlacionadas com as dos seus sítios de produção. Tais raios cósmicos são ainda mais raros e estudos adicionais se encontram em andamento numa tentativa de identificar quais objetos astrofísicos são de fato as fontes. O conhecimento acerca da natureza química dessas partículas é algo que facilita tal identificação de fontes e o upgrade do Observatório Pierre Auger a ser completado em 2018 tem como alvo atingir esse objetivo.



**Figura 1:** Mapa em coordenadas galácticas exibindo o fluxo de raios cósmicos com energias superiores a  $8 \times 10^{18}$  eV ( $\sim 1,3$  Joules). Um filtro de  $45^\circ$  foi aplicado à distribuição de eventos. O centro da Via Láctea está na origem do sistema de coordenadas e o plano galáctico é representado pela linha pontilhada horizontal no centro da figura. A cruz indica a direção do excesso de fluxo medido e as linhas cheias delimitam os contornos a 68% e 95% de nível de confiança.



**Figura 2:** Comparação entre a área delimitada pelo perímetro do Observatório Pierre Auger (~3000 km<sup>2</sup>) e os contornos da cidade de São Paulo (~1520 km<sup>2</sup>).