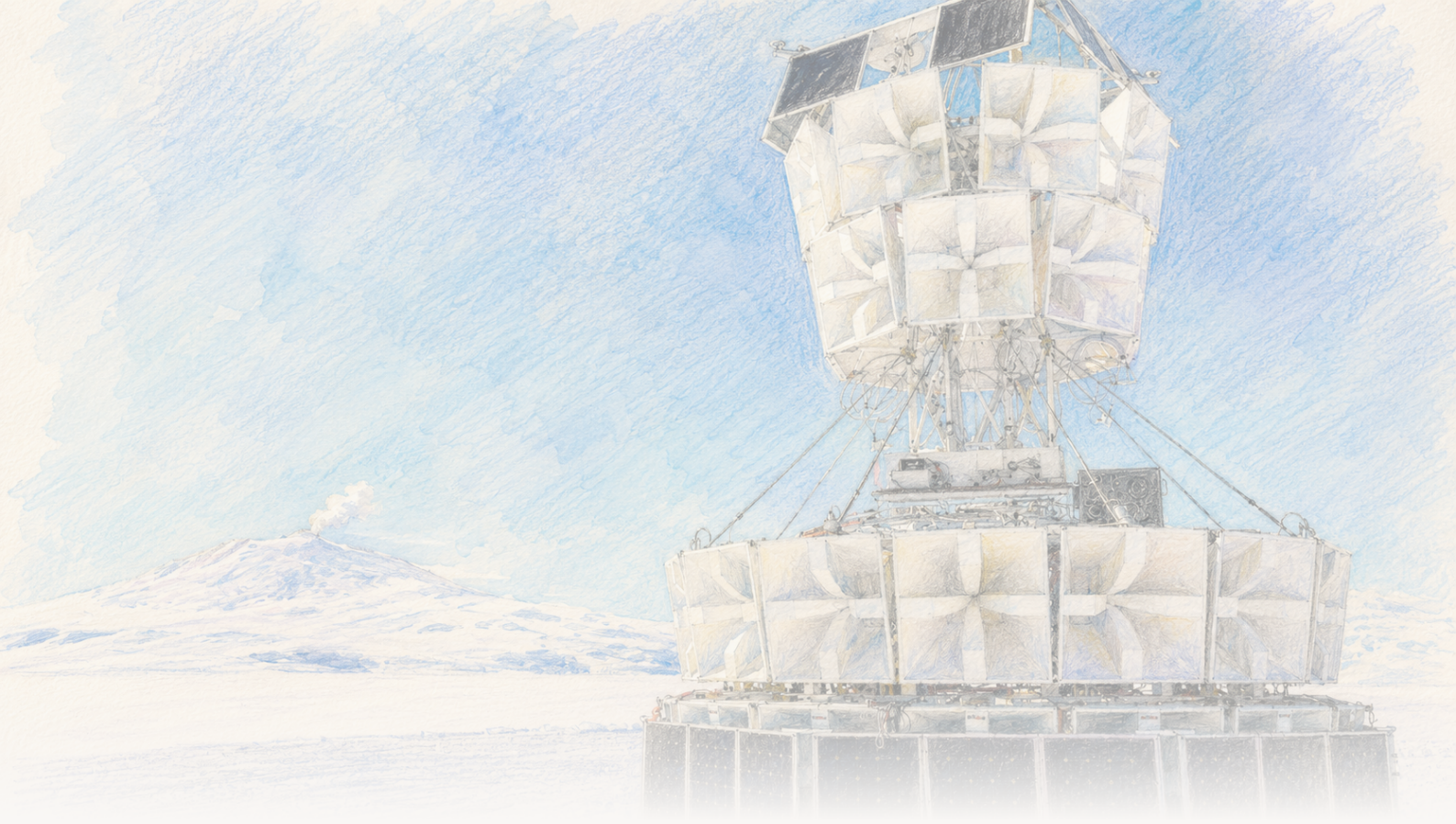




The CLEAN PAPER

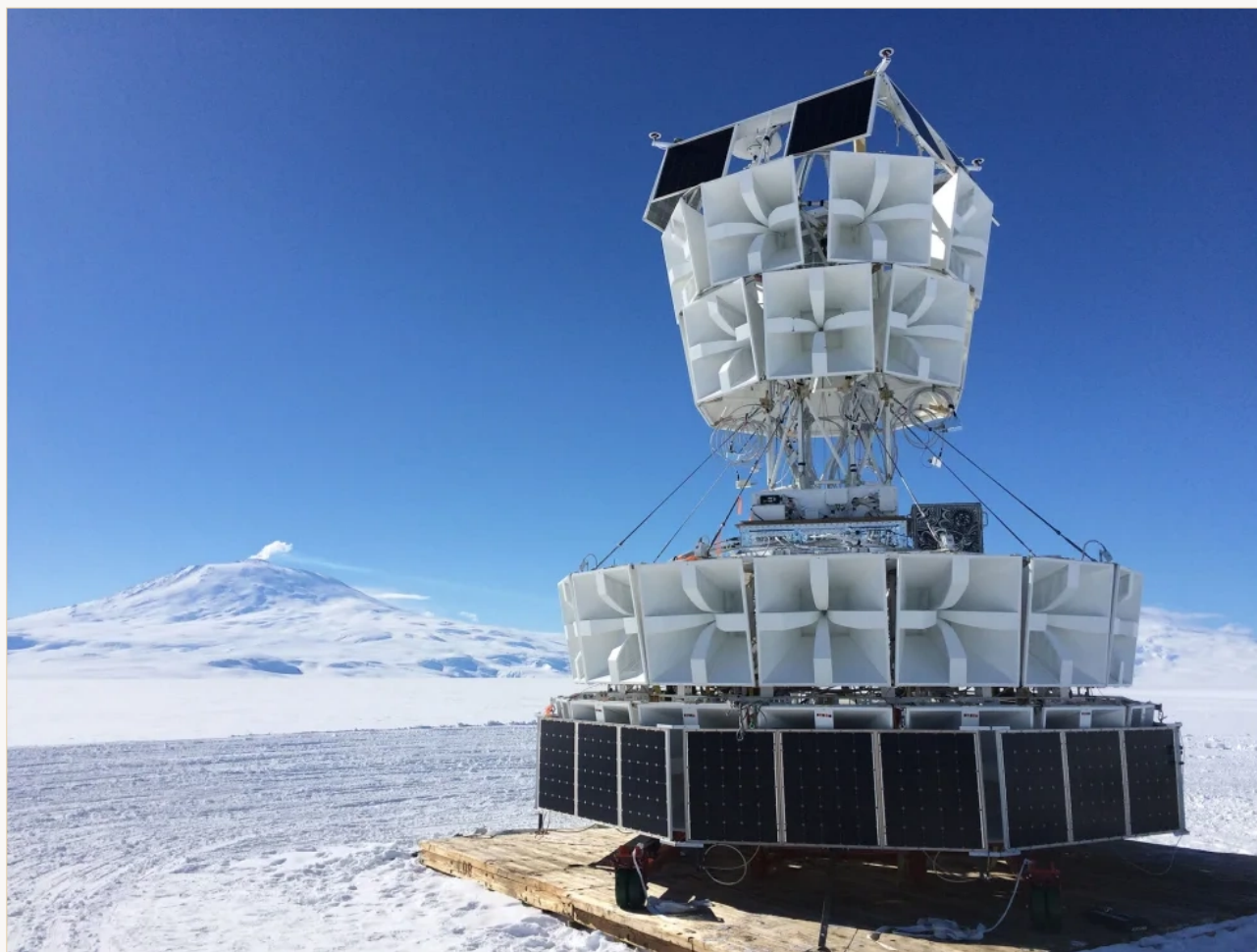
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Dois pulsos de rádio anômalos sobre a Antártica continuam sem explicação — e a hipótese de “nova partícula” perde força

Dois pulsos de rádio incomuns registrados anos atrás por um experimento antártico em balão ainda não têm explicação aceita; uma busca dedicada do Pierre Auger não encontrou os chuveiros de partículas que eles implicariam, tornando a leitura exótica de “nova partícula” muito menos provável enquanto deixa a anomalia sem solução.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso
· AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.121003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



As 48 antenas da ANITA apontam para baixo, para o gelo antártico, em uma gôndola de 25 pés de altura.

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

O balão, o gelo e dois pulsos vindos de baixo

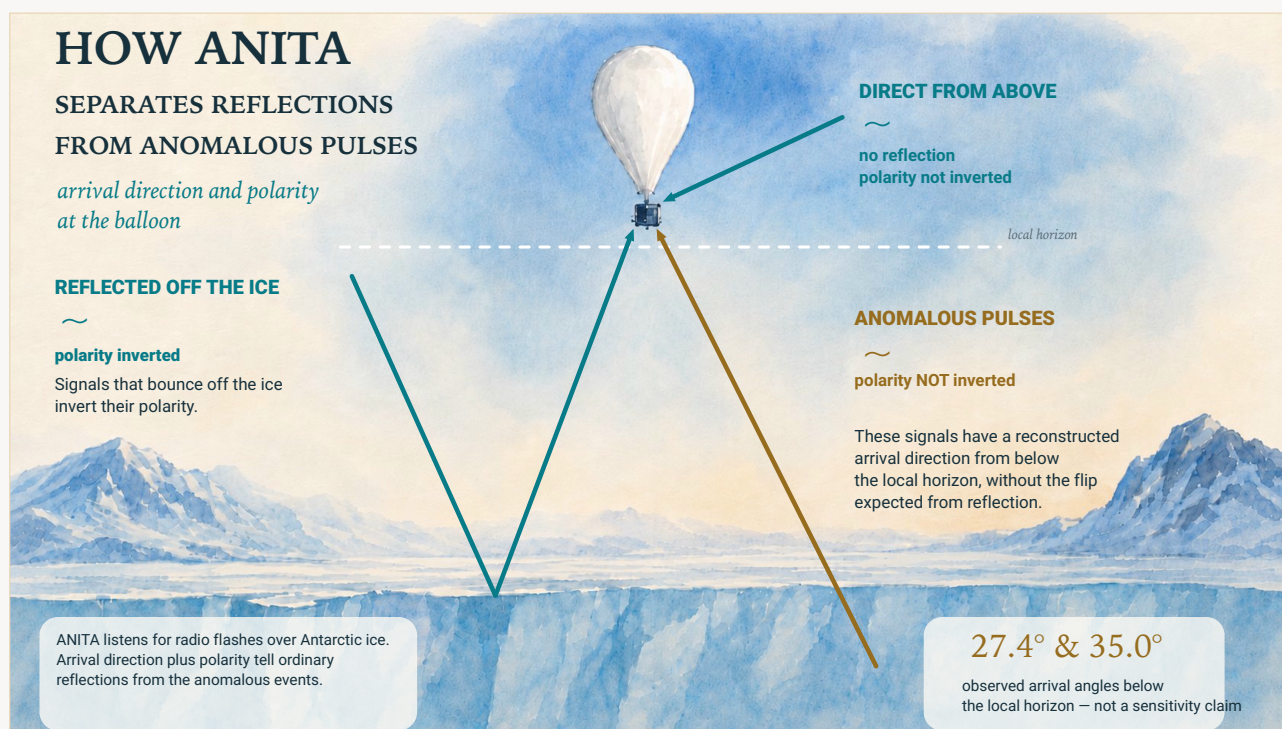
Durante quase toda a sua vida útil, a Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — fica pendurada sob um balão da NASA, a mais de trinta quilômetros de altitude, e deriva por semanas sobre o lugar mais vazio da Terra, escutando.

O que ela escuta são sinais de rádio vindos do espaço. Quando uma partícula de energia muito alta — um raio cósmico ou um neutrino — atinge o ar ou o gelo, ela se quebra em um chuveiro de partículas menores, e esse chuveiro emite um breve clarão de rádio. A Antártica é quase ideal para captá-los: quilômetros de gelo limpo e frio que o rádio atravessa quase como vidro, e nada por centenas de quilômetros para sujar o sinal. O trabalho da ANITA é pegar esses clarões e ler, pela forma e pelo tempo deles, o que os produziu.

A maior parte do que ela ouve se comporta bem. Alguns clarões chegam direto de cima. Muitos outros batem de raspão no gelo e voltam para a antena — e esses carregam uma pista: o ricochete vira a onda de cabeça para baixo (uma reversão da *polaridade* do sinal), assinatura que físicos leem de relance. É

assim que se distingue uma reflexão da coisa real.

Duas vezes, algo chegou quebrando o padrão.



No balão, um pulso direto de cima chega sem inversão, enquanto um pulso refletido chega com a polaridade invertida — o sinal usual de um ricochete no gelo. Os dois pulsos anômalos chegam, em vez disso, de uma direção *reconstruída* muito abaixo do horizonte local — mas sem essa inversão, onde uma reflexão teria invertido o sinal. “De baixo” descreve essa direção de chegada — não uma partícula subindo de dentro da Terra.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Em um voo de 2006 e outro de 2014, a ANITA captou um pulso de muito *abaixo* do horizonte — 27,4° e 35,0° abaixo dele, respectivamente — como se tivesse saído do continente, sem inversão. Não era uma reflexão, então. Algo que realmente viajou para cima, para fora do gelo, rumo ao balão.

Eis por que isso é quase escandaloso. Para alcançar a antena em um ângulo ascendente tão íngreme, o que quer que tenha produzido o pulso teria de atravessar o corpo do planeta — seis ou sete mil quilômetros de rocha sólida. Quase nada consegue. A única partícula conhecida que passa por matéria comum como se quase não estivesse lá é o neutrino, que atravessa a Terra inteira sem notar — então a ideia natural é que um neutrino subiu pela rocha, atingiu um átomo logo abaixo do gelo e produziu um chuveiro de partículas para cima, cujo clarão de rádio a ANITA captou. O problema é a torção: um neutrino energético o bastante para produzir *este* sinal é, na verdade, fácil demais de parar. Atravessando tanta rocha, deveria ser absorvido muitas vezes. E um fluxo de neutrinos forte o bastante para que dois ainda passassem deveria ter aparecido nos detectores gigantes construídos exatamente para captá-los. Nenhuma explicação arrumada fechava.

Então os dois pulsos ficaram ali, recusando-se a se comportar. Não uma descoberta — dois eventos nunca são uma descoberta — mas também não nada. Uma anomalia real: o tipo interessante justa-

mente porque ninguém ainda podia dizer se era uma rachadura no Modelo Padrão da física ou apenas uma peculiaridade do gelo, da antena ou da aritmética.

É nesse ponto que certo tipo de cobertura procura a palavra *misterioso*, apaga as luzes e pergunta o que poderia estar vivendo sob a Antártica. Resista. A pergunta real nunca foi *que monstro há no gelo*. Foi a pergunta paciente e sem glamour que de fato move a ciência: **como você descobriria?**

O que os autores fizeram

Há uma forma limpa de testar as explicações empolgantes. Se os pulsos da ANITA vêm de um fluxo real e recorrente de chuviros ascendentes — seja de neutrinos tau comuns, seja de alguma partícula nova proposta — então um detector grande o bastante, olhando exatamente para esses eventos, deveria capturar sua parte.

O Observatório Pierre Auger, na Argentina — o maior detector de raios cósmicos já construído — está bem posicionado para procurar. Usando seu Detector de Fluorescência, a colaboração buscou chuviros de ar ascendentes (chegando de baixo, em ângulos zenitais acima de 110° e energias acima de $0,1 \text{ EeV}$) em dados de 2004 a 2018. Crucialmente, toda a seleção foi fixada *antes* de o conjunto completo de dados ser examinado — uma análise “cega”, para que a resposta não pudesse ser massageada na direção desejada.

O que eles encontraram

Depois da abertura dos dados, **um** evento candidato sobreviveu — totalmente consistente com os $0,27 \pm 0,12$ eventos esperados de raios cósmicos comuns ocasionalmente reconstruídos de modo errado como ascendentes. Em outras palavras, nenhum sinal ascendente genuíno; apenas o gotejamento de fundo esperado.

A força do resultado está na comparação. Se os pulsos da ANITA viessem de um fluxo constante de chuviros ascendentes, Auger deveria ter registrado **muitos** — cerca de 34 a 69 eventos para um espectro de energia plausível, e pelo menos cerca de 8 mesmo sob premissas deliberadamente conservadoras. Encontrou um, compatível com fundo. Os autores descrevem isso como “forte desacordo” com a interpretação de chuviros ascendentes.

O que isso provavelmente significa

Uma não detecção desse tamanho informa muito. Se os eventos da ANITA viessem de uma população real de partículas chegando dessas direções — neutrinos tau comuns ou as partículas hipotéticas propostas para explicá-los — a longa exposição de Auger deveria ter capturado um número considerável. Não capturou. Isso efetivamente descarta a explicação de “fluxo difuso de chuviros ascendentes”

— categoria em que caem a maioria das ideias além do Modelo Padrão — salvo condições especiais forçadas.

O que sobrevive são explicações que *não* são um fluxo de partículas que produzem chuviros: sobretudo uma reflexão ou efeito de propagação peculiar ao gelo e à geometria perto do horizonte, ou um artefato instrumental ou de análise. Nenhuma está confirmada. Então o resumo honesto é: a interpretação mais empolgante levou um golpe sério, e a causa ainda é desconhecida.

O que isso *não* prova

- **Não** identifica o que são os dois pulsos. “Desfavorece fortemente nova física” não é “resolvido”.
- **Não** confirma uma causa mundana. Uma candidata importante — reflexões sob a superfície antártica — continua sendo hipótese, não resultado.
- **Não** detecta nada “debaixo do gelo” em sentido literal. As antenas da ANITA ficam penduradas de um balão *acima* da Antártica; “de baixo” descreve a direção reconstruída de chegada de um pulso de rádio — não um som, uma voz ou algo emanando de dentro do gelo.
- **Não** apoia alegações de uma nova partícula confirmada. A versão mais compartilhada dessa história aponta na direção oposta à evidência.

Quão forte é a evidência?

Modesta, e formulada assim.

- O interesse além do Modelo Padrão repousa essencialmente em **dois** eventos, de dois voos da ANITA.
- Este artigo é um **resultado nulo**: poderoso para excluir possibilidades, mas incapaz de dizer o que os eventos *são*.
- A exclusão é quantitativa e forte (dezenas de eventos esperados, um evento parecido com fundo observado) — mas mira a interpretação de “fluxo de chuviros ascendentes”, não toda causa concebível.
- Uma explicação mundana importante (reflexão perto da superfície) é plausível, mas não provada; algumas alternativas (certos modelos de radiação de transição) foram desfavorecidas por outros trabalhos.
- Nenhum experimento reproduziu independentemente a anomalia original.

É uma restrição afiada colocada sobre um pequeno quebra-cabeça teimoso — não uma descoberta.

Por que importa

As explicações propostas iam até partículas exóticas novas. Em vez de perseguir a mais empolgante, a área fez a coisa sem glamour: testou a ideia contra um detector independente e muito maior — e os dados disseram não. Um instrumento sucessor maior e mais sensível, PUEO, está sendo construído para olhar de novo.

A anomalia ainda pode acabar sendo mundana. Isso não a tornaria um fracasso. Estreitar uma medição inexplicada até que ela se dissolva ou force uma descoberta real *é* o trabalho — e vale acompanhar precisamente porque a resposta honesta, por enquanto, ainda é “não sabemos”.

Resumo limpo

Dois pulsos de rádio dos voos antárticos de balão da ANITA em 2006 e 2014 parecem vir de ângulos íngremes abaixo do horizonte que o Modelo Padrão tem dificuldade para explicar. Uma busca dedicada de 2025 com o Observatório Pierre Auger encontrou apenas um evento candidato, compatível com fundo, onde dezenas eram esperadas se os pulsos viessem de um fluxo de chuveiros ascendentes. Isso desfavorece fortemente a interpretação exótica de “nova partícula” e aponta para uma reflexão, propagação ou efeito instrumental específico da ANITA — mas a causa continua genuinamente desconhecida. Não é uma nova partícula confirmada, e não é um sinal misterioso de dentro do gelo.

Checagem sem rodeios

O que o artigo mostra: Uma busca cega do Pierre Auger (2004–2018) por chuveiros de ar ascendentes encontrou um candidato, consistente com o fundo esperado de 0,27 evento de raios cósmicos. Se as anomalias da ANITA viessem de um fluxo desses chuveiros, Auger deveria ter visto cerca de 34–69 (ou pelo menos ~8 sob premissas conservadoras). Isso desfavorece fortemente a interpretação de chuveiros ascendentes, incluindo cenários de “nova partícula” além do Modelo Padrão.

O que é plausível, mas não provado: Um efeito de reflexão ou propagação de rádio perto do gelo e do horizonte, ou um artefato instrumental/de análise específico da ANITA.

O que não mostra: Que os eventos sejam causados por uma nova partícula; que sejam sinais debaixo do gelo; que haja qualquer coisa paranormal, artificial ou audível envolvida; que a causa seja conhecida agora.

Principais limitações: O interesse além do Modelo Padrão repousa em ~dois eventos; este é um resultado nulo que restringe mas não identifica; a exclusão mira especificamente a interpretação de “fluxo de chuveiros”; não há reprodução independente da anomalia original.

Quanta confiança um leitor geral deve ter? Alta confiança de que isto *não* é uma nova partícula confirmada e *não* é um sinal de dentro do gelo, e de que a interpretação de fluxo exótico está agora

fortemente desfavorecida. Baixa confiança sobre a causa verdadeira, que permanece aberta. Postura apropriada: curiosidade diante de uma anomalia não resolvida que provavelmente é mundana.

Fontes

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)

<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

PUEO successor instrument — white paper (2021)

<https://arxiv.org/abs/2010.02892>