

POR QUE O PULSAR DE RAIOS-X J0537-6910 ESTÁ PARANDO ASSIM TÃO RÁPIDO?

Pulsares são **estrelas de neutrons** de rápida rotação, estrelas essas que se originaram do colapso do núcleo de estrela massiva. Elas são objetos extremos, mais massivos que o Sol porém não maiores que uma grande cidade. Elas possuem uma densidade tão alta que uma pequena colher de chá de seu material possui uma massa de 10 milhões de toneladas (aproximadamente a massa de uma montanha na Terra), e seu campo magnético é centenas de milhares ou mesmo trilhões de vezes mais intenso que o campo magnético da Terra.

Nós podemos observar os pulsares por causa dos pulsos de radiação eletromagnética que saem continuamente dos pólos magnéticos. Embora essa radiação seja contínua, só a observamos em pulsos, dando origem ao nome de “**pulsares**”. Isso ocorre porque o campo magnético não está alinhado com o eixo de rotação e, portanto, como se fosse um farol, só percebemos a radiação uma vez a cada rotação (ou duas, para alguns pulsares) quando o feixe de luz intercepta a Terra. Conhecemos hoje cerca de 3000 pulsares na Via Láctea e outras galáxias próximas. A maioria dos pulsares são observados por radiotelescópios, no entanto alguns dos pulsares mais energéticos também produzem radiação de altas energias na forma de **Raios-X** e **Raios Gama**. De modo geral, nós pensamos na luminosidade de um objeto como a potência total de toda a luz que ele emite. Mas, podemos também pensar a luminosidade como a quantidade de energia (de qualquer tipo) que o objeto emite, ou perde, ao longo do tempo.

À medida que um objeto que gira vai perdendo sua rotação, sua energia cinética rotacional diminui. Pelo princípio da conservação da energia, essa energia que deixa a estrela deve, na verdade, ir para outro lugar em forma de radiação ou outra forma. A taxa com que a energia de rotação do objeto diminui é, portanto, a mesma taxa com que a potência é irradiada, em outras palavras é uma luminosidade que advém dessa redução da velocidade de rotação. Existe um reservatório enorme de energia cinética guardada dentro de um pulsar de rápida rotação: se um pulsar girando 60 vezes por Segundo está perdendo energia na mesma taxa que o Sol perde por emitir radiação eletromagnética, ele vai levar cerca de 600 milhões de anos até parar. Dado o consumo atual dos seres humanos na Terra, uma tal fonte poderia suprir nossas necessidades energéticas por aproximadamente 10 sextilhões (10^{22}) de anos! No entanto, pela observação a mudança na rotação dos pulsares, sabemos que muitos estão perdendo mais energia que o Sol perde por irradiação, e pouquíssimo dessa energia perdida pelos pulsares se dá por luz visível. Que forma, então, tem essa energia perdida pelo pulsar? Nós gostaríamos de saber se uma fração significativa disso está na forma de radiação gravitacional.

O pulsar conhecido como PSR J0537-6910 é um dos mais incomuns, um ponto for a da curva, quando comparado com os demais pulsares conhecidos. O seu nome é baseado em suas coordenadas no céu, as “**coordenadas equatoriais**” usada pelos astrônomos, com uma ascensão reta de 5h 37min e uma declinação de -69 graus 10 minutos de arco, localizado na **Grande Nuvem de Magalhães** — uma galáxia satélite que orbita a nossa. PSR J0537-6910 é especial porque perde energia mais rápido que qualquer outro pulsar conhecido, com uma luminosidade de spin-down de 5×10^{31} Watts, ou então 100.000 vezes a luminosidade do Sol. Além de sua luminosidade estupenda, esse pulsar é visto como tendo uma fértil atividade de “**glitching**”; um **glitch** de um pulsar é um fenômeno durante o qual o pulsar passa por um aumento repentino na taxa de rotação.

Diferentemente de outros pulsares, o PSR J0537-6910 não é observado por meio de pulsos de rádio, mas em vez disso, é por meio de Raios-X. Ese tipo de radiação não penetra na atmosfera da Terra, significando que só telescópios espaciais podem detectá-la.

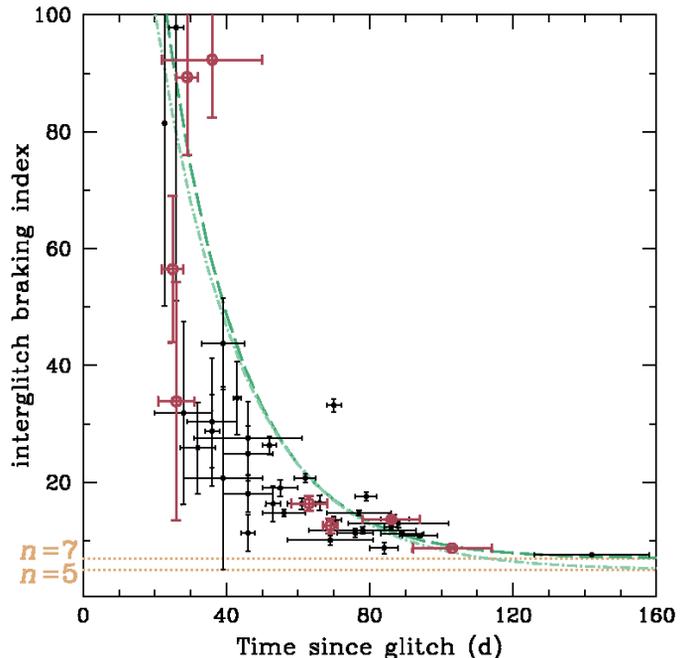


Figura 1: O índice de frenagem, ou braking index, de PSR J0537-6910 conforme medidas em Raios-X durante os intervalos de tempo entre cada glitch (“falha”) do pulsar. Os pontos em vermelho e preto são dados do NICER e do RXTE, respectivamente. Conforme o tempo entre cada glitch aumenta, o braking index tende a valores próximos de 5 ou 7.

Visite nossos sites:

www.ligo.org

www.virgo-gw.eu

gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



O pulsar foi descoberto e subsequentemente monitorado usando um satélite telescópico de raios-X chamado *Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE)* entre 1996 e 2012 (quando o RXTE foi desativado). Em 2017, um telescópio de raios-X denominado *Neutron Star Interior Composition Explorer (NICER)*, foi instalado na Estação Espacial Internacional. Devido à natureza interessante do PSR J0537-6910, ele é um alvo principal para as observações do NICER. As observações RXTE e NICER revelaram a atividade de *glitching* incomum e frequente do pulsar mencionado e também forneceram evidências intrigantes de como a estrela está perdendo energia entre os eventos de glitch. Um parâmetro conhecido como índice de frenagem (*braking index*) diz como um pulsar diminui sua taxa de rotação: diferentes mecanismos de perda de energia que causam a desaceleração fornecem valores diferentes para o índice de frenagem. Valores de 5 e 7 são esperados para dois modos diferentes de emissão de ondas gravitacionais. Na **Figura 1**, as observações NICER e RXTE sugerem que o índice de frenagem pode tender para um desses valores quando há um longo tempo entre *glitches*, o que significa que a emissão de ondas gravitacionais é uma explicação plausível para a diminuição na rotação do pulsar.

Dada a natureza excepcional desse objeto, a colaboração LIGO VIRGO e KAGRA em conjunto com o time do NICER, realizaram uma busca por **Ondas Gravitacionais Contínuas** do pulsar. Utilizamos os dados mais recentes dos observatórios LIGO e Virgo (conhecidos como conjuntos de dados O2 e O3), que se sobrepõem às observações do NICER do PSR J0537-6910 desde 2017. Os dados do NICER rastreiam com precisão a taxa de rotação do pulsar entre os *glitches*. Isso nos permite integrar de forma coerente os dados da onda gravitacional e produzir a busca mais sensível para qualquer sinal fraco. Na pesquisa, assumimos dois modelos diferentes de como as ondas gravitacionais poderiam ser emitidas: um em que o pulsar tem uma assimetria sobre seu equador (por exemplo, uma "montanha"), o que produziria emissão com o dobro da frequência de rotação da estrela (e é o mecanismo que seria esperado para um índice de frenagem de 5); outro em que poderia haver emissão com uma ou duas vezes a frequência de rotação da estrela. Junto com as observações de ondas gravitacionais, também apresentamos medições de raios-X dos *glitches* mais recentes do pulsar. Não encontramos nenhuma evidência de um sinal de onda gravitacional do pulsar, mas esse resultado nulo ainda nos permite inferir informações interessantes sobre o PSR J0537-6910.

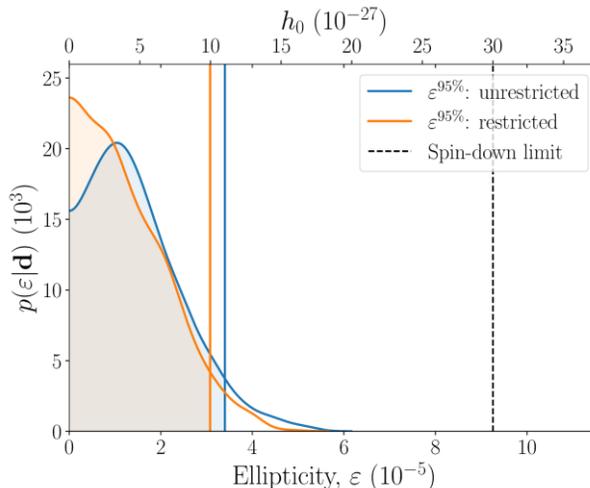


Figura 2: A distribuição de probabilidade para a elipticidade do pulsar PSR J0537-6910 baseados nos dados do LIGO e do Virgo (O2 e O3). Os dois conjuntos de curvas representam as distribuições para diferentes hipóteses sobre a orientação do pulsar com respeito às observações da nebulosa do pulsar em raios-X feitas da terra. Ambos casos dão resultados semelhantes

A **Figura 2** mostra a probabilidade de diferentes valores de elipticidade da estrela com base em nossos dados, onde a elipticidade descreve aproximadamente o tamanho de qualquer deformação do equador em comparação com o raio médio da estrela (falando *grosso modo*, a altura da montanha). Essa distribuição de probabilidade é consistente com uma elipticidade de zero, mas também com pequenos valores diferentes de zero, portanto, definimos um "limite superior" em seu valor. Definimos um limite superior de 95% na elipticidade de pouco mais de 0,00003. Quer isto dizer que estamos 95% confiantes de que a elipticidade está abaixo desse valor. Isso pode ser traduzido aproximadamente como uma altura de montanha de menos de dezenas de cm, que é uma quantidade impressionante de se medir em um objeto a mais de 160.000 anos-luz (1.5×10^{18} km) de distância. Esse limite superior está abaixo do que seria esperado se toda a luminosidade de *spin-down* da estrela fosse emitida por ondas gravitacionais (conhecido como limite de *spin-down*). Analizando toda a luminosidade de *spin-down*, esse limite encontrado pode ser convertido em uma potência equivalente irradiada por ondas gravitacionais, a partir da qual podemos dizer que menos de cerca de 14% da luminosidade do *spin-down* da estrela está sendo irradiada por meio de ondas gravitacionais. Isso significa que mais de ~ 86% da perda de energia de *spin-down* ocorre por meio de outros mecanismos; o prodigioso campo magnético do pulsar significa que a principal fonte de emissão é por meio de radiação dipolo magnética e por meio da aceleração de partículas carregadas para criar uma **nebulosa de vento de pulsar**. No entanto, também pode haver um mecanismo diferente de emissão: ondas de matéria viajando ao redor da superfície da estrela produziram ondas gravitacionais em cerca de 4/3 de sua frequência de rotação. Essas ondas de matéria não foram procuradas neste trabalho, mas causariam um índice de frenagem de 7.

SAIBA MAIS:

Visite nossos sites:

www.ligo.org

www.virgo-gw.eu

gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/

www.nasa.gov/nicer

Leia o artigo original completo [aqui](#) e mais sobre ondas gravitacionais [aqui](#).

Traduzido para o Português por **Juliédson Artur Malaquias Reis**.

Você pode ler o original (em inglês) [aqui](#)

GLOSSÁRIO

Estrela de Nêutrons: Remanescente do processo de supernova sofrido por uma estrela com massa entre 8 e 25 vezes a massa do nosso Sol. As estrelas de nêutrons típicas têm uma massa de cerca de 1-2 massas solares e um raio de 10-15 quilômetros, sendo alguns dos objetos mais compactos já descobertos.

Ondas Gravitacionais Contínuas: Este é um sinal de onda gravitacional que está sempre presente e em uma frequência quase fixa, ao contrário de sistemas de buracos negros em fusão para os quais o sinal de onda gravitacional só é visível em um detector por um curto período de tempo e tem um aumento rápido em frequência.

Coordenadas equatoriais: os astrônomos definem a posição dos objetos no céu usando o sistema de coordenadas equatorial. Neste sistema, a posição de um objeto é definida por sua ascensão e declinação retas, que são equivalentes a uma longitude e latitude no céu com base em um plano formado pela projeção do equador da Terra na esfera celestial.

Grande Nuvem de Magalhães: Uma galáxia anã companheira da Via Láctea a uma distância de cerca de 50.000 **parsecs**. Tanto a Grande quanto a Pequena Nuvens de Magalhães são visíveis a olho nu no hemisfério sul.