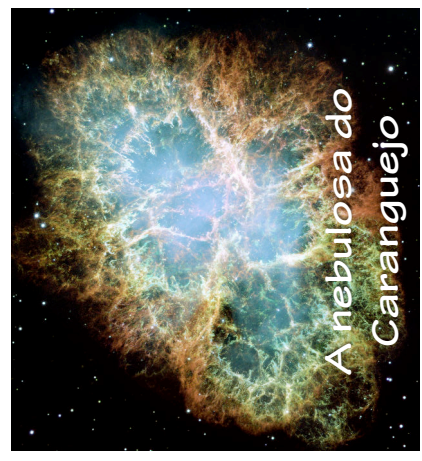
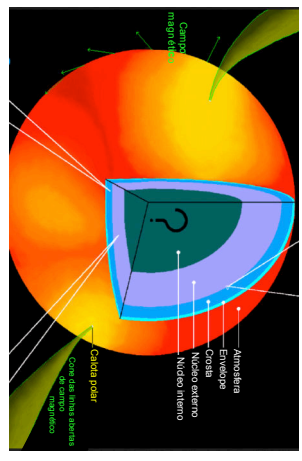


Grażyna Stasińska
Observatório de Paris

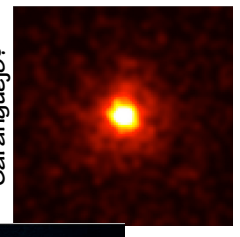


O Universo no meu bolso

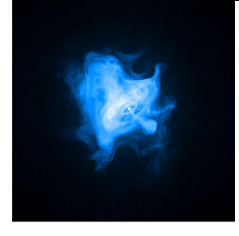
Anatomia de uma estrela de nêutrons retratada por Dany Page (Univ. México)



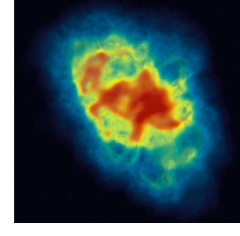
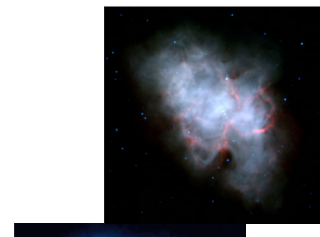
Indo de fora para dentro, encontra-se uma 'atmosfera' quente, cuja temperatura é de cerca de um milhão de graus; depois um envelope mais frio; depois uma crosta cristalina de núcleos de ferro; em seguida, um núcleo externo de nêutrons, prótons e elétrons em estado sólido; e finalmente o núcleo interno composto das mesmas partículas, mas em estado líquido e, talvez, em estado livre, de quarks, as partículas fundamentais que se combinam para formar prótons e nêutrons.



Todas essas imagens são da nebulosa do Caranguejo?



Soluções no verso



Desafio

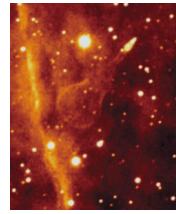
Estrelas de nêutrons

Quando o núcleo de uma estrela é convertido em ferro, novas reações nucleares não podem ocorrer e o colapso gravitacional ocorre em uma escala de tempo de segundos. A força da gravidade é tão forte que os átomos ficam muito comprimidos. Os elétrons são forçados a se fundirem com os prótons, resultando em uma esfera muito densa de nêutrons.

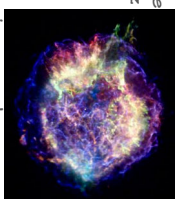
A estrela de nêutrons na nebulosa do Caranguejo é mais massiva que o Sol, mas seu diâmetro é de apenas 20 km. Um cubo de açúcar de seu material na Terra pesaria tanto quanto toda a população humana. Nas densidades extremas das estrelas de nêutrons, os processos físicos são muito diferentes daqueles que ocorrem em outras partes do Universo. Com a ajuda da física teórica, é possível deduzir a estrutura interna de uma estrela de nêutrons.

Outros 'Caranguejos' no Universo

Dado o número de estrelas que morrem em um sistema galáxia, ela deveria conter bilhões de estrelas de nêutrons. No entanto, a maioria delas são velhas e frias e indetectáveis. Mesmo estrelas de nêutrons quentes só podem ser detectadas quando o feixe do seu pulsar é direcionado para a Terra ou quando estão em um sistema binário. No segundo caso, os raios-X são frequentemente emitidos pelo gás quente quando ele cai em direção à superfície da estrela de nêutrons.

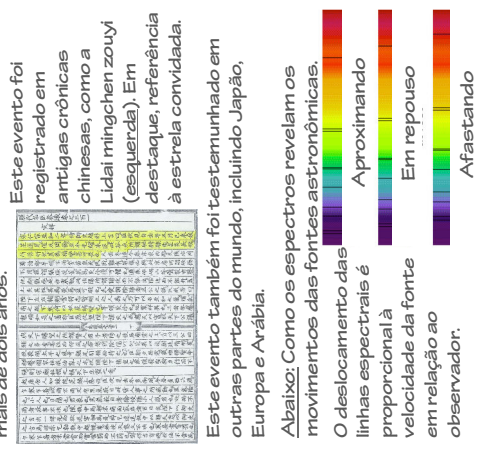
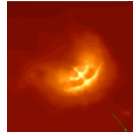


A nebulosa da guitarra em luz visível. Ela é produzida por uma estrela de nêutrons comum, que viaja a alta velocidade.



Uma imagem da remanescente de supernova Vela, fotografada pelo astrônomo amador Marco Lorenzi em luz visível.

Imagem em raios-X da nebulosa compacta em torno do pulsar Vela. As estruturas em forma de arco são devidas a partículas de alta energia emitidas pela estrela de nêutrons.



Este evento também foi testemunhado em outras partes do mundo, incluindo Japão, Europa e Arábia. Abaixo: Como os espectros revelam os movimentos das fontes astronômicas. O deslocamento das linhas espectrais é proporcional à velocidade da fonte em relação ao observador.

Em 1 054, o astrônomo imperial chinês Yang Weide viu uma nova estrela no céu. Essa 'estrela convidada', como ele a chamava, pôde ser vista em plena luz do dia por 23 dias e permaneceu detectável no céu noturno por mais de dois anos.

O Caranguejo e a estrela convidada

No início dos anos 20, os astrônomos perceberam que a posição da Nebulosa do Caranguejo coincidia com a 'estrela convidada' vista pelos astrônomos chineses em 1054.

Eles também notaram que o tamanho angular da Nebulosa do Caranguejo aumentava com o tempo, e os espectros de seus filamentos indicavam que eles estavam se movendo a uma velocidade de 1 500 quilômetros por segundo*. Isso os levou a concluir que a nebulosa nasceu e começou a se expandir cerca de 1 000 anos antes.

Em 1928, Edwin Hubble propôs que a Nebulosa do Caranguejo era o remanescente da estrela cuja explosão foi vista em 1054. No entanto, não se entendia a física da explosão na época, e assim a princípio essa ideia não foi aceita.

* Veja a página 4. 5

Supernova

Em 1934, Baade e Zwicky sugeriram que tais explosões estelares - que eles chamaram de supernovas - poderiam ocorrer durante a transição de uma estrela normal para uma estrela com um raio muito pequeno e grande densidade.

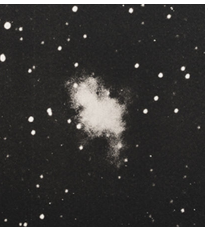
A causa para tal transição, no entanto, ainda não era compreendida.

Em 1957, Burbidge, Burbidge, Fowler & Hoyle explicaram em um artigo fundamental como, no interior muito quente de estrelas massivas, os elementos químicos gradualmente se transformam em elementos mais pesados, até que o núcleo seja inteiramente feito de ferro. Em seguida, o núcleo colapsa, as camadas externas explodem e ejetam os elementos recém-formados no espaço interestelar.



O primeiro desenho deste objeto, por Lord Rosse em 1844, como visto através de seu telescópio de 90 cm de diâmetro. Este desenho deu origem ao nome 'Nebulosa do Caranguejo' (embora pareça mais um inseto). De toda forma, o nome 'caranguejo' pegou, e ainda é usado hoje.

Esta imagem mal se parece com o desenho de Lord Rosse. Mas já se pode ver certa semelhança com a imagem detalhada do Telescópio Espacial Hubble mostrada na capa.



Durante o colapso gravitacional que produz uma estrela de nêutrons, a velocidade de rotação da estrela aumenta tremendamente porque a estrela encolhe.

Este é o mesmo fenômeno quando uma patinadora no gelo girando com os braços esticados puxa os braços para dentro: ela então gira muito mais rápido.

As estrelas de nêutrons têm um campo magnético muito forte e só emitem radiação em feixes estreitos de seus pólos magnéticos. A radiação é observada apenas quando o feixe aponta para a Terra.

À medida que a estrela de nêutrons gira e o feixe passa pela Terra, pulsos de radiação, igualmente espaçados no tempo, são observados.

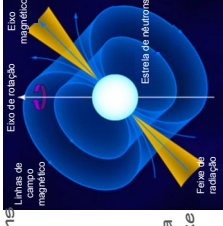
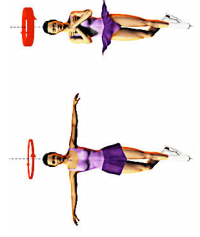


Imagem em infravermelho do telescópio Spitzer



Imagem em rádio do VLA

Todas as imagens são da nebulosa do Caranguejo



Imagem e raios-X do Chandra

Imagem em raios gama do Fermi

O pulsar do Caranguejo

Nos anos 60, os radioastrônomos observaram sinais estranhos de rádio, regularmente pulsantes no céu. Eles demonstraram que esses pulsos vinham de fontes astronômicas, e que podiam identificar os objetos responsáveis. Essas fontes de rádio foram denominadas pulsares. O pulsar do Caranguejo foi um dos primeiros a ser descoberto.

No entanto, logo se percebeu que a emissão de rádio não vinha de um objeto pulsante, mas sim de uma estrela de nêutrons que girava rapidamente, emitindo radiação em dois feixes estreitos. Os raios varrem o espaço enquanto a estrela gira, como os feixes de luz de um farol.

O Universo no meu bolso No. 10

Este livrinho foi escrito em 2018 por Grzegorz Stasińska do Observatório de Paris (França), revisado por Fabrice Mottez, Mikaela Oertel e Silvano Bonazzola (todos do Observatório de Paris) e traduzido por Natália Vale Asari da Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil).

Imagem da capa: A Nebulosa do Caranguejo fotografada pelo Telescópio Espacial Hubble (HST). Créditos da imagem: NASA, ESA, J. Hester, and A. Loll (ASU). Outras imagens desse livrinho por HST, VLA, Spitzer, ALMA, Chandra and Fermi.



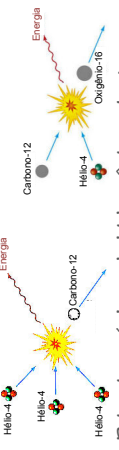
Para saber mais sobre essa série e sobre os tópicos deste livrinho, visite <http://www.tulinmp.org>



Como ela foi descoberta

O astrônomo amador inglês John Bevis descobriu este objeto em 1751. Mais tarde o objeto foi redescoberto pelo astrônomo francês Charles Messier, enquanto procurava pelo cometa Halley, cujo retorno no céu estava previsto para 1758. Como este objeto não se movia, não podia ser um cometa. Messier o listou como número 1 em seu 'catálogo de nebulosas e aglomerados de estrelas', para não ser confundido com cometas.

Por volta de 1800, William Herschel observou-o muitas vezes com um grande telescópio e concluiu que se tratava de um aglomerado de estrelas. Mais de um século depois, espectros desse objeto - que permitiram aos astrônomos analisar a natureza de sua luz - mostraram que não era um aglomerado de estrelas, mas sim uma verdadeira nebulosa, composta de gás ionizado diluído.



No centro da estrela, sua zona mais quente, núcleos atômicos se combinam em um processo chamado fusão nuclear, liberando energia e criando pressão. Quando o combustível se esgota, a gravidade faz com que o centro contraia e sua temperatura suba, até que novas reações nucleares possam ocorrer.

• **gravidade**, que causa a contração,
• **pressão**, que causa a expansão.

A vida de uma estrela é uma batalha constante entre duas forças opostas: