



SUPERNOVAS E ESTRELAS DE NEUTRÕES

Estrelas com massas acima de 8 a 10 massas solares (M_s), dependendo da sua metalicidade, terminam a sua existência de forma violenta, em explosões denominadas supernovas

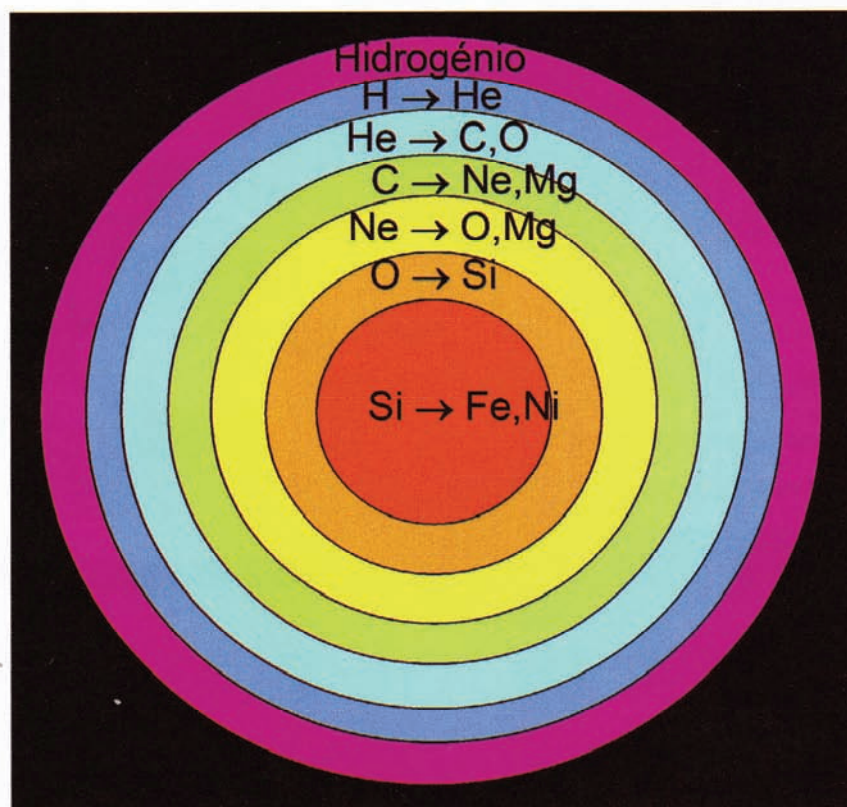
Texto José Ribeiro

COMO JÁ FOI MENCIONADO EM ARTIGOS ANTERIORES,

as estrelas começam por fundir no seu núcleo de hidrogénio em hélio. Quando se esgota o hidrogénio no núcleo, fica um núcleo de hélio rodeado por uma camada de hidrogénio em fusão. Quando a temperatura do núcleo é suficiente para iniciar a fusão do hélio, este inicia o processo, produzindo carbono e oxigénio. Em estrelas menos maciças, o processo termina aqui, ficando a estrela com um núcleo de carbono e oxigénio, uma camada de hélio em fusão, uma camada de hidrogénio em fusão e o seu envelope. Esta estrela evoluirá para uma anã branca, perdendo todo o envelope para uma nebulosa planetária.

Em estrelas mais maciças, o processo de fusão continuará até ao ferro. Como ventilado anteriormente no artigo sobre nucleossíntese, o ferro é o elemento com maior energia de ligação, pelo que as reacções de fusão nuclear terminam no ferro. Terminadas as reacções nucleares no núcleo da estrela, ficam então uma série de camadas de fusão num modelo conhecido como «casca de cebola» (fig. 1). Evidentemente, trata-se de um modelo que explica o processo, porque na realidade as camadas podem misturar-se devido a correntes de convecção, ondas sísmicas e turbulência. As camadas em fusão vão depositando elementos mais pesados para o interior, aumentando a pressão no núcleo da estrela, até que este não pode ser mais comprimido, ficando em estado degenerado. Quando a massa do núcleo atinge o valor de 1,4

► MODELO «CASCA DE CEBOLA» DA ESTRELA MACIÇA EM FIM DE VIDA



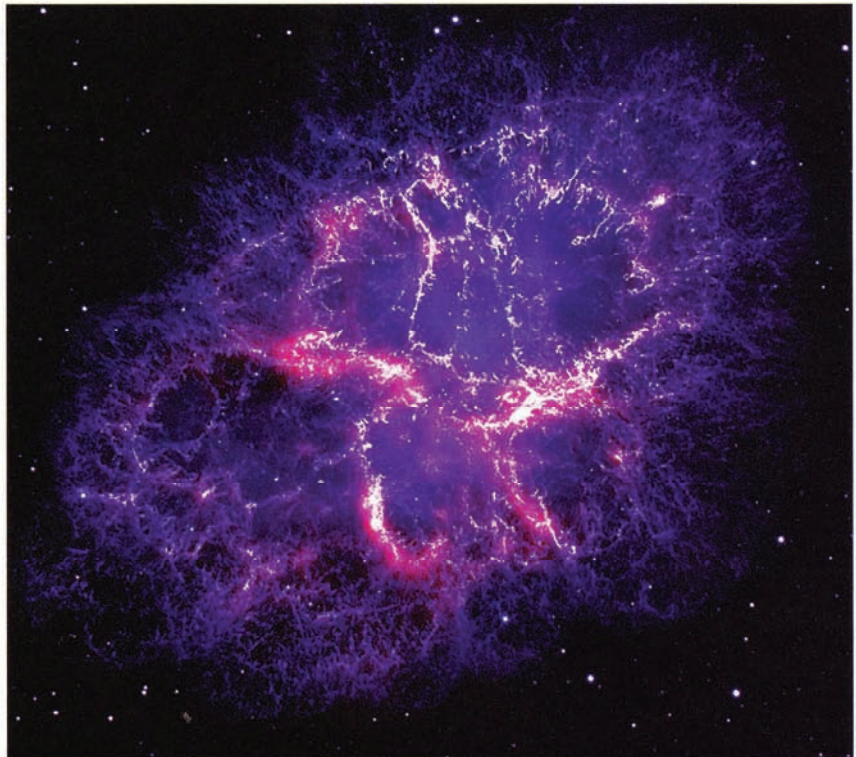
M_s (limite de Chandrasekhar), o núcleo da estrela não aguenta a pressão e começa a fundir os prótons com os electrões em neutrões, com uma forte libertação de neutrinos. Uma estrela é um astro gasoso em equilíbrio hidrostático em que a força da gravidade de toda a matéria que compõe o envelope da estrela e que actua para o seu interior é contrariada pela pressão de radiação das reacções nucleares e pela

repulsão electrostática das partículas do gás do núcleo. No caso do núcleo de ferro, em que não há reacções nucleares, só a repulsão electrostática contraria a gravidade. Com a fusão dos prótons e electrões em neutrões deixa de existir repulsão electrostática (neutrões têm carga eléctrica neutra) e o núcleo colapsa repentinamente. As camadas exteriores da estrela caem para o interior, enquanto os neutrinos

forçam o seu caminho para o exterior, num meio cada vez mais denso. Dá-se uma onda de choque, uma catadupa de reacções nucleares, e a estrela explode, ejectando a sua matéria para o espaço a velocidades que atingem 10.000 km/s. O remanescente deste processo é uma estrela de neutrões, se a estrela inicial tiver até 25 Ms, ou um buraco negro, caso a massa da estrela seja superior a esse valor.

Uma estrela de neutrões terá entre 1,4 Ms e não poderá ultrapassar 3 Ms, valor a partir do qual a velocidade de escape iguala a velocidade da luz, e por isso se torna num buraco negro. O raio de uma estrela de neutrões é da ordem de 10 a 15 km e a matéria é tão densa que uma colher de chá da sua matéria pesaria na Terra uns mil milhões de toneladas! O facto de a estrela de neutrões ser o resultado da contracção do núcleo de uma estrela maciça faz com que duas características se destaquem, a alta rotação e o fortíssimo campo magnético. A estrela inicial tem rotação, sendo comum verificarem-se rotações da ordem de algumas horas. Devido à conservação do momento angular, ao reduzir o raio, aumenta a rotação, como acontece nos bailarinos no gelo quando fecham os braços para rodarem mais depressa. Encontram-se estrelas de neutrões com períodos de rotação do segundo até ao milissegundo. A outra consequência do colapso é o adensamento das linhas do campo magnético, aumentando drasticamente a sua intensidade. O forte campo magnético pode originar feixes colimados de ondas de rádio, que, se estiverem orientados para a Terra, podem ser detectados como impulsos electromagnéticos, os pulsares. O primeiro foi detectado em 1967, por Jocelyn Bell, e tinha um período de 1,3373011 s. Esta descoberta deu o Prémio Nobel ao seu orientador, tendo Jocelyn sido ignorada!

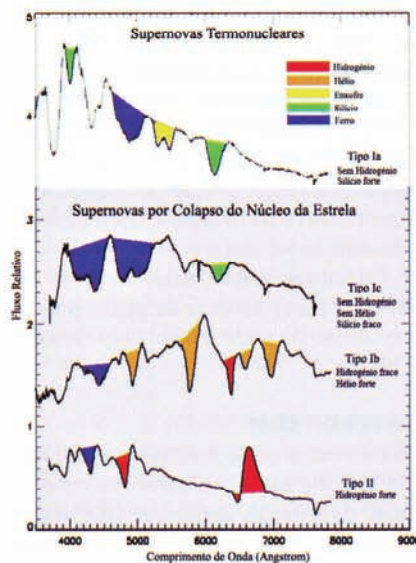
Até agora só descrevemos um dos dois tipos de supernova, a que acontece por colapso do núcleo. Incluem-se neste grupo as supernovas dos tipos II, Ib e Ic. As supernovas do tipo II provêm de estrelas que têm o envelope de



NASA

■ **Nebulosa do Caranguejo**, resultado de uma supernova registada em 1054 na China. Notar a estrutura filigranada da onda de choque.

hidrogénio, e o seu espectro revela linhas de hidrogénio. As dos tipos Ib e Ic resultam de estrelas que por qualquer motivo perderam os seus envelopes de hidrogénio, e de hidrogénio e hélio, respectivamente, não tendo vestígios de hidrogénio nos seus espectros (fig. 2).



■ **Classificação das supernovas** baseada nos seus espectros (adaptado de Daniel Kasen)

O outro grupo de supernovas são as de origem termonuclear, catalogadas como tipo Ia. O seu espectro também revela ausência de hidrogénio. Quando uma anã branca tem uma companheira suficientemente próxima, dá-se a transferência de massa para a anã branca, mais maciça que a companheira. Se a massa da anã branca atingir o limite de Chandrasekhar (1,4 Ms), a matéria degenerada de carbono e oxigénio começará uma série de reacções termonucleares, que irá destruir completamente a anã branca, espalhando a matéria pelo meio interestelar, não deixando nenhum remanescente.

As supernovas do tipo Ia são indicadores fiáveis da distância a que se encontram. Como a reacção se dá quando a anã branca atinge 1,4 Ms, a luminosidade (potência) da reacção é determinável, bem como a sua magnitude absoluta. Medindo o fluxo que chega até nós, a magnitude relativa, podemos facilmente calcular a distância à supernova e, consequentemente, a distância à galáxia onde esta aconteceu. ■