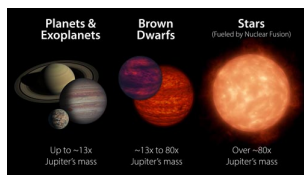


## Anã Marrom – Um objeto subestelar



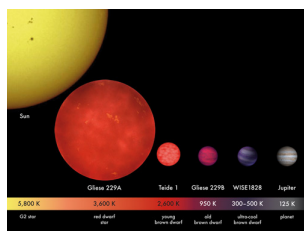
**Figura 1 – As massas características de exoplanetas, anãs marrons e estrelas vão até 13, entre 13 e 80 e acima de 80 vezes a massa do planeta Júpiter, respectivamente (Crédito: NASA)**

**Por: Prof. Roberto N. Onody \***

Pela ação da gravidade, nebulosas gigantescas de gases (na sua maioria, hidrogênio e hélio) e poeira dão origem a centenas e, às vezes, milhares de estrelas. Nesse berçário, a reação de fusão do núcleo do deutério (1 próton e 1 nêutron) com 1 próton para formar o núcleo do hélio-3, é um estágio comum para as estrelas jovens – as protoestrelas. A temperatura de ignição dessa reação, gira em torno de um *milhão de graus Celsius*.

No Universo há *pouca quantidade* de deutério. Se a massa da protoestrela for muito grande, a contração gravitacional vai prevalecer sobre a expansão causada pela fusão do deutério, aumentando sua densidade e sua temperatura, até que esta atinja cerca de *dez milhões de graus Celsius*. Neste ponto, se inicia uma outra reação de fusão: núcleos de hidrogênio se fundem formando núcleos de hélio. A pressão de radiação, oriunda dessa reação, evita o seu colapso gravitacional. Nasce uma estrela.

Entretanto, se a massa da protoestrela for pequena o bastante e houver deutério suficiente, a contração gravitacional pode se equilibrar com a expansão provocada pela fusão de deutério. Nasce uma anã marrom.



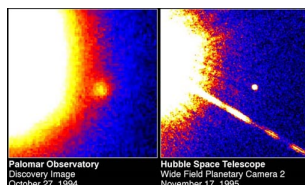
**Figura 2 – Temperaturas na superfície e idades estimadas: Sol (4,7 bilhões de anos), anã vermelha Gliese 229 A (3 bilhões de anos), anã marrom Teide 1 (jovem, 120 milhões de anos), anã marrom Gliese 229 B (velha, 3 bilhões de anos), anã marrom WISE 1828 (fria, 2 a 4 bilhões de anos) e Júpiter (4,6 bilhões de anos) (Crédito: MPIA/ V. Joergens)**

Tipicamente, a massa de uma anã marrom gira em torno de 13 a 80 vezes a massa do planeta Júpiter (**Figura 1**). Anãs marrons mais massivas podem dar início à fusão de lítio (o núcleo do lítio mais abundante, tem 3 prótons e 4 nêutrons). Nesta reação, o núcleo de lítio se funde a 1 próton formando o Berílio-8 que decai em 2 núcleos de hélio-4. A temperatura de ignição dessa reação é da ordem de 2,5 milhões de graus Celsius<sup>1</sup>.

À medida que uma anã marrom consome o deutério, ela se contrai, aumentando a densidade e a pressão. Quanto mais velha a anã marrom, menor é o seu raio. O processo de contração gravitacional continua até que se atinja as temperaturas, pressões e densidades críticas ( $T_c \sim 3.000 \text{ K}$ ;  $P_c \sim 100.000.000 \text{ atm}$ ;  $10 \text{ g/cm}^3 < \rho_c < 1000 \text{ g/cm}^3$ ). Nesse ponto, há o efeito quântico da pressão de gás de férmions degenerados. Os férmions (elétrons, prótons e nêutrons) embora fortemente comprimidos, não podem ir para níveis mais baixos de energia, devido ao Princípio de Exclusão de Pauli. Isso evita o colapso gravitacional da anã marrom.

Na superfície de uma anã marrom, a temperatura varia, em geral, de 100 a 3.700 graus Kelvin (**Figura 2**), num processo de resfriamento que pode levar algumas centenas de milhões de anos ou mais. As anãs marrons mais quentes têm cor laranja ou vermelho, enquanto as mais frias têm cor magenta (para o olho humano). Para uma lista de anãs marrons (última atualização em 30/08/2021) veja referência<sup>2</sup>.

A existência de anãs marrons foi teoricamente prevista pelo astrônomo norte-americano Shiv Kumar em 1962. Mas, foi somente em 1995 que houve a comprovação experimental definitiva (**Figura 3**). Curiosamente, essa anã marrom (batizada de Gliese 229B) foi encontrada junto a uma anã vermelha (Gliese 229A), uma estrela pequena que já tem massa suficiente para iniciar a reação de fusão do hidrogênio. Como uma anã vermelha funde hidrogênio em hélio *muito lentamente*, a sua expectativa de vida é muito alta – de centenas de bilhões a trilhões de anos! (mais do que a idade estimada do universo que é de 13,7 bilhões de anos). Para comparar, o nosso Sol tem 4,5 bilhões de anos de idade e expectativa de mais 5 bilhões de anos de vida. Tanto o Sol quanto as anãs vermelhas devem terminar suas vidas como anãs brancas.



**Figura 3 – O sistema binário Gliese 229, composto de uma anã vermelha e uma anã marrom, está a uma distância de 19 anos-luz da Terra. A anã marrom, Gliese 229B, tem massa entre 20 a 50 vezes a massa do planeta Júpiter (Crédito: NASA/JPL)**

A anã marrom mais próxima da Terra está no sistema Luhman 16<sup>3</sup>, a uma distância de cerca de 6,5 anos-luz (1 ano-luz é, aproximadamente, 63 mil vezes a distância Terra-Sol). Na verdade, Luhman 16 é um sistema binário composto por 2 anãs marrons. É o terceiro sistema mais próximo da Terra. O sistema estelar mais próximo da Terra é triplo – Alpha Centauri, com 2 estrelas semelhantes ao nosso Sol e uma anã vermelha. Está a uma distância de 4,37 anos-luz. Em seguida, vem outra anã vermelha – a Barnard, que se encontra a 6 anos-luz da Terra.

As anãs marrons são difíceis de serem detectadas. Tanto é assim, que mesmo a mais próxima (no sistema binário Luhman 16) só teve sua existência confirmada em 2013!

Vários fatores colaboram para essa dificuldade. As anãs marrons têm diâmetros muito pequenos, comparável aos de planetas gigantes tipo Júpiter. As temperaturas na sua superfície são bastante baixas, de modo que elas brilham muito pouco no comprimento da luz visível. A sua radiação é mais intensa no comprimento da luz infravermelha. Portanto, para que a descoberta de *novas anãs marrons* deslanchasse, foi antes necessário, o desenvolvimento e aprimoramento de novos dispositivos detectores no infravermelho. Isso de fato aconteceu, e veio na esteira da busca por *exoplanetas*. Hoje, já são conhecidos milhares de exoplanetas e anãs marrons.

O primeiro exoplaneta orbitando uma anã marrom foi detectado em 2004, através do telescópio VLT (Very Large Telescope) que fica no deserto do Atacama, Chile<sup>4</sup>. Batizado de 2M1207b, ele está a aproximadamente 170 anos-luz da Terra. Sua massa foi estimada entre 3 a 10 vezes a massa de Júpiter e sua distância à anã marrom é cerca de 40 vezes a da Terra-Sol (aproximadamente, a distância Plutão-Sol).

Em 2003, a NASA lançou o seu primeiro observatório com instrumentos específicos para análise da luz infravermelha – o telescópio espacial Spitzer. Entre seus múltiplos resultados, se encontra a descoberta da anã marrom com menor período de rotação – a 2MASS J03480772-6022270 (aproximadamente, 1 rotação completa por hora).

Em 2009, a NASA lançou o satélite espacial WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) que detectou centenas de novas anãs marrons. Entre elas, dezenas de anãs marrons muito frias, incluindo a mais fria observada até hoje – a WISE 0855-0714, cuja temperatura da superfície está entre – 48 e – 13 °C.

Na busca por novos exoplanetas, a NASA programou 2 missões: a primeira com o telescópio espacial Kepler, que durou de 2009 a 2018 e a segunda, com o lançamento do satélite TESS<sup>5</sup> (Transiting Exoplanet Survey Satellite) em 2018. Ambas se baseiam na observação de exoplanetas quando eles estão em trânsito, isto é, passando em frente, bloqueando parcial e temporariamente, a luz estelar. Este método permite estimar o diâmetro, a massa, o período de rotação e até obter alguma informação sobre a composição atmosférica do exoplaneta.

Em 2014, astrônomos analisando cerca de 64 anãs marrons, notaram que muito poucas tinham massas entre 35 e 55 vezes a massa de Júpiter. Eles denominaram essa região de 'deserto de anãs marrons'. Até hoje, já foram detectadas cerca de 3.000 anãs marrons, a mais distante a, aproximadamente, 23 anos-luz. Estima-se que a nossa Via-Láctea contenha de 50 a 100 bilhões de anãs marrons. A NASA prevê para dezembro de 2021, o lançamento do telescópio espacial James Webb<sup>6</sup>, que deverá substituir o honorável Hubble (que forneceu milhares de imagens fantásticas e informações sobre o mundo em que vivemos). Então, as anãs marrons, essas estrelas que não deram certo, terão muitos dos seus segredos revelados.

\*Físico, Professor Sênior do IFSC – USP

e-mail: [onody@ifsc.usp.br](mailto:onody@ifsc.usp.br)

(Agradecimento: ao Sr. Rui Sintra da Assessoria de Comunicação)

## Referências:

<sup>1</sup> Brown dwarf – Wikipedia

<sup>2</sup> List of brown dwarfs – Wikipedia

<sup>3</sup> K. Luhman, *Astrophysical Journal Letters*. **767** (1): L1 (2013)

<https://doi.org/10.1088%2F2041-8205%2F767%2F1%2FL1>

<sup>4</sup> G. Chauvin *et al.*, *Astronomy and Astrophysics*, **425** (October 2004), pp. L29–L32

<https://doi.org/10.1051%2F0004-6361%3A200400056>

<sup>5</sup> [About TESS | NASA](#)

<sup>6</sup> [James Webb Space Telescope – Webb/NASA](#)

Rui Sintra – Assessoria de Comunicação – IFSC/USP

**Compartilhe!**

