Evolução Estelar: o cíclo de vida das estrelas

Profa. Alejandra Romero

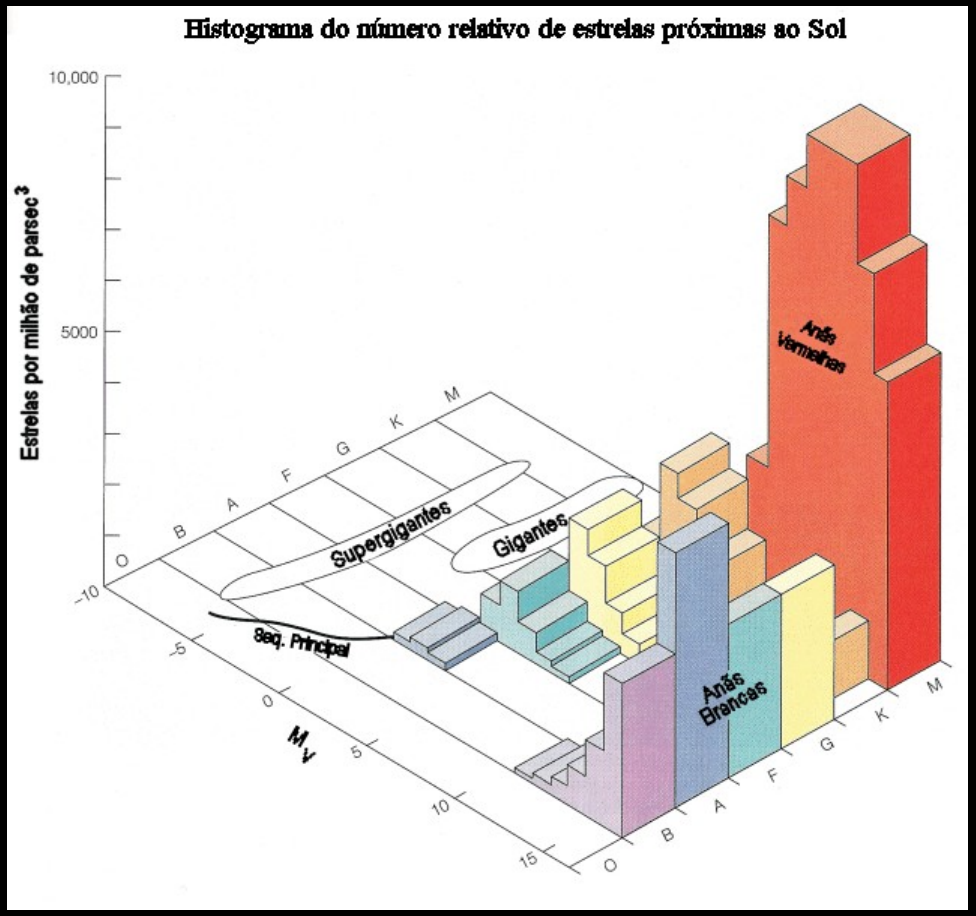
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Astronomia

Todas as estrelas passam pela etapa de sequência principal, fusionando hidrogênio em hélio no núcleo.

O que acontece depois?

Depende da massa inicial da estrela

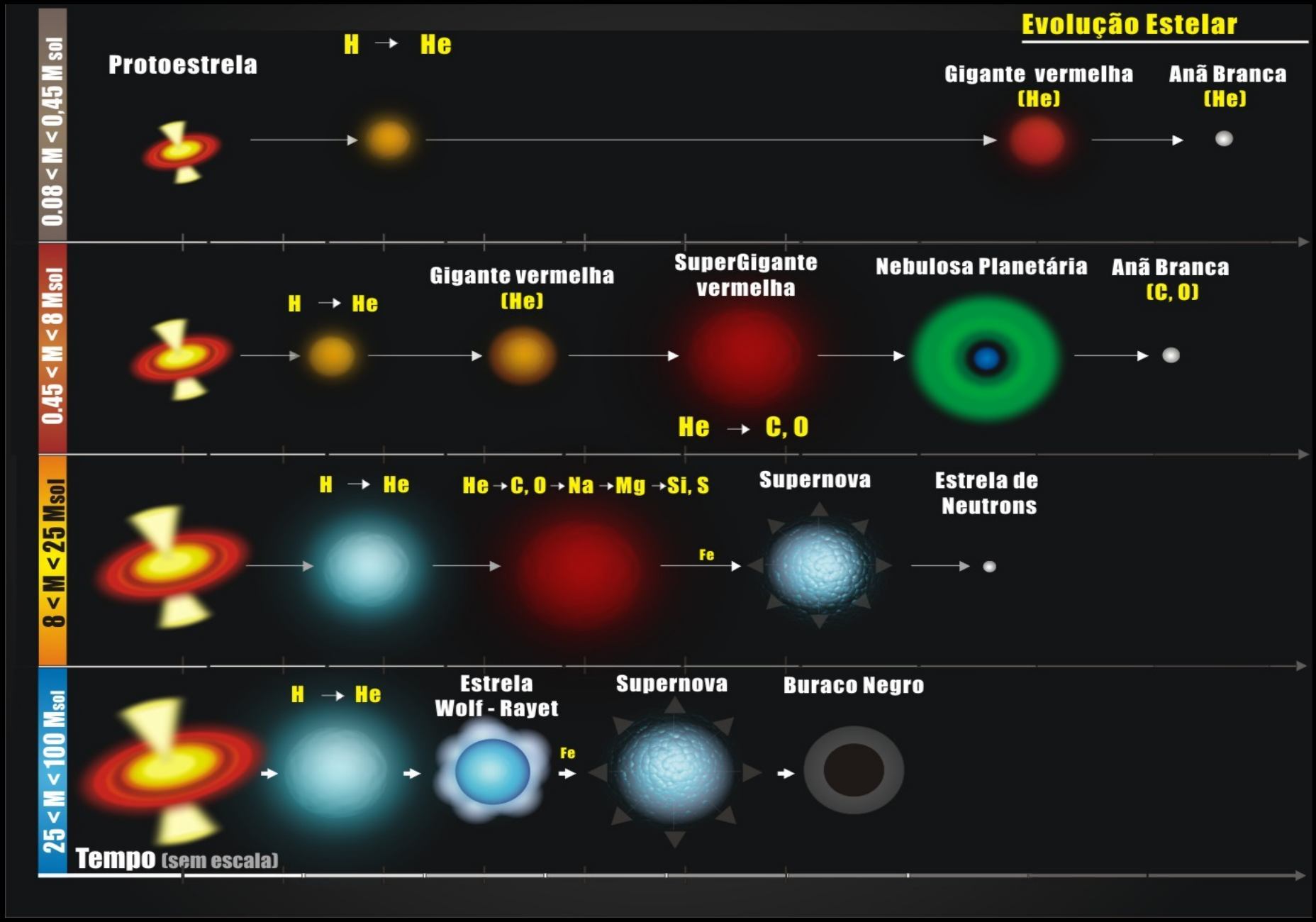
Estrelas próximas ao Sol



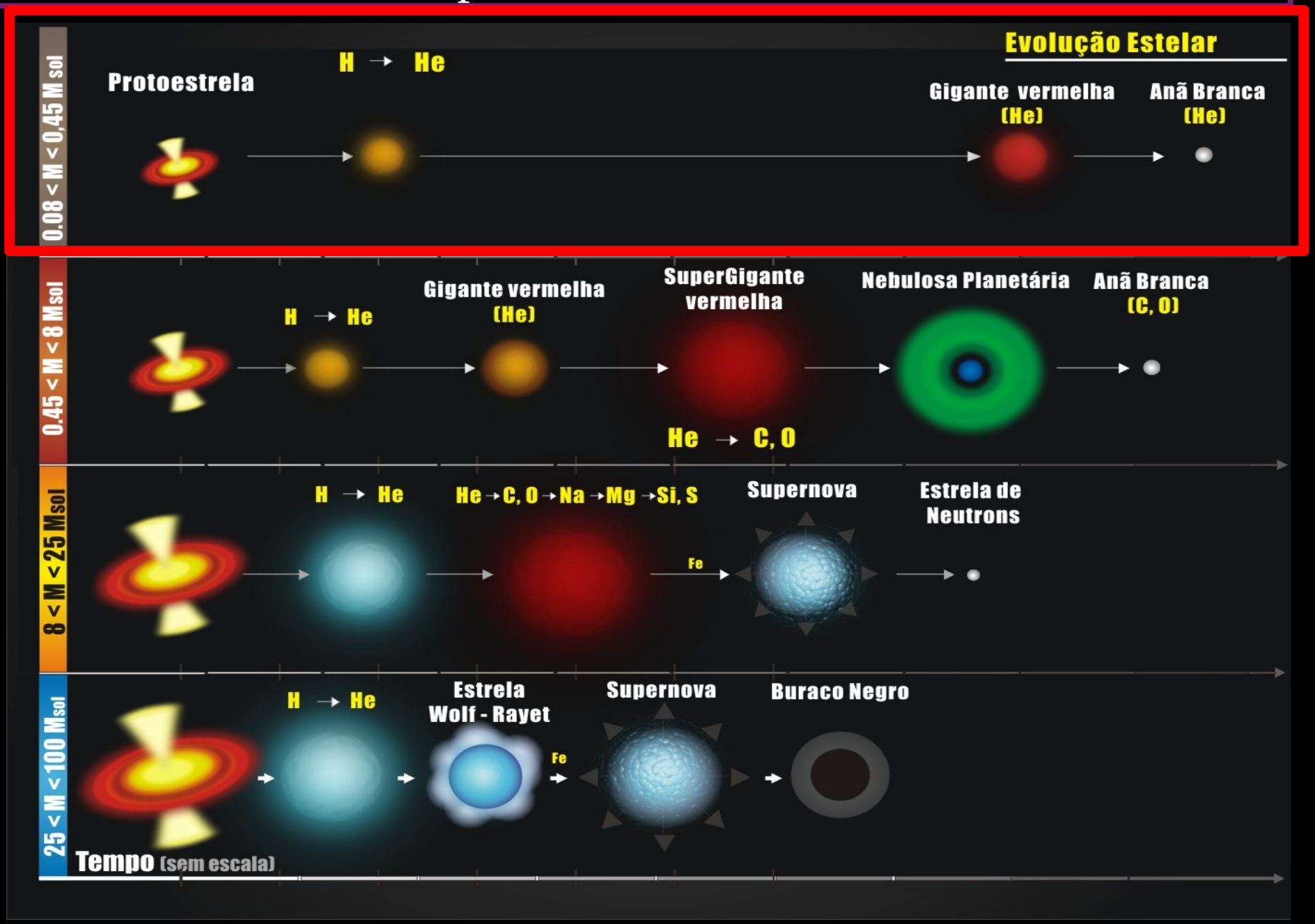
Função de massa inicial: Para cada 300 estrelas de 1 massa solar existe somente uma com 10 massas solares.

- Massa mínima: $0.08M_{sol}=75M_{Jup}$ não atinge as temperaturas necesárias para o inicio da combustão de hidrogênio (planeta gasoso).
- Massa máxima ~100Msol: Limite de Eddington

Estrelas isolada: Evolução pós-sequência principal depende da massa inicial.



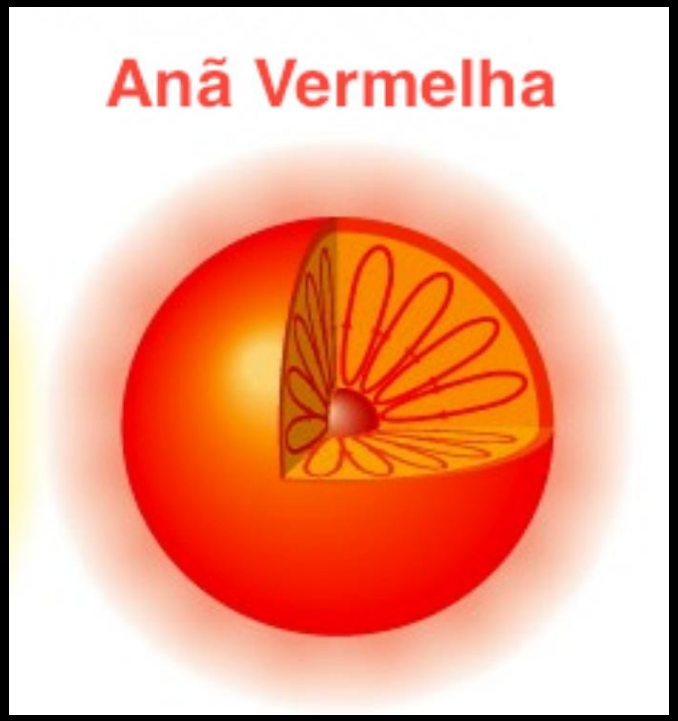
Estrelas isolada: Evolução pós-sequência principal depende da massa inicial.



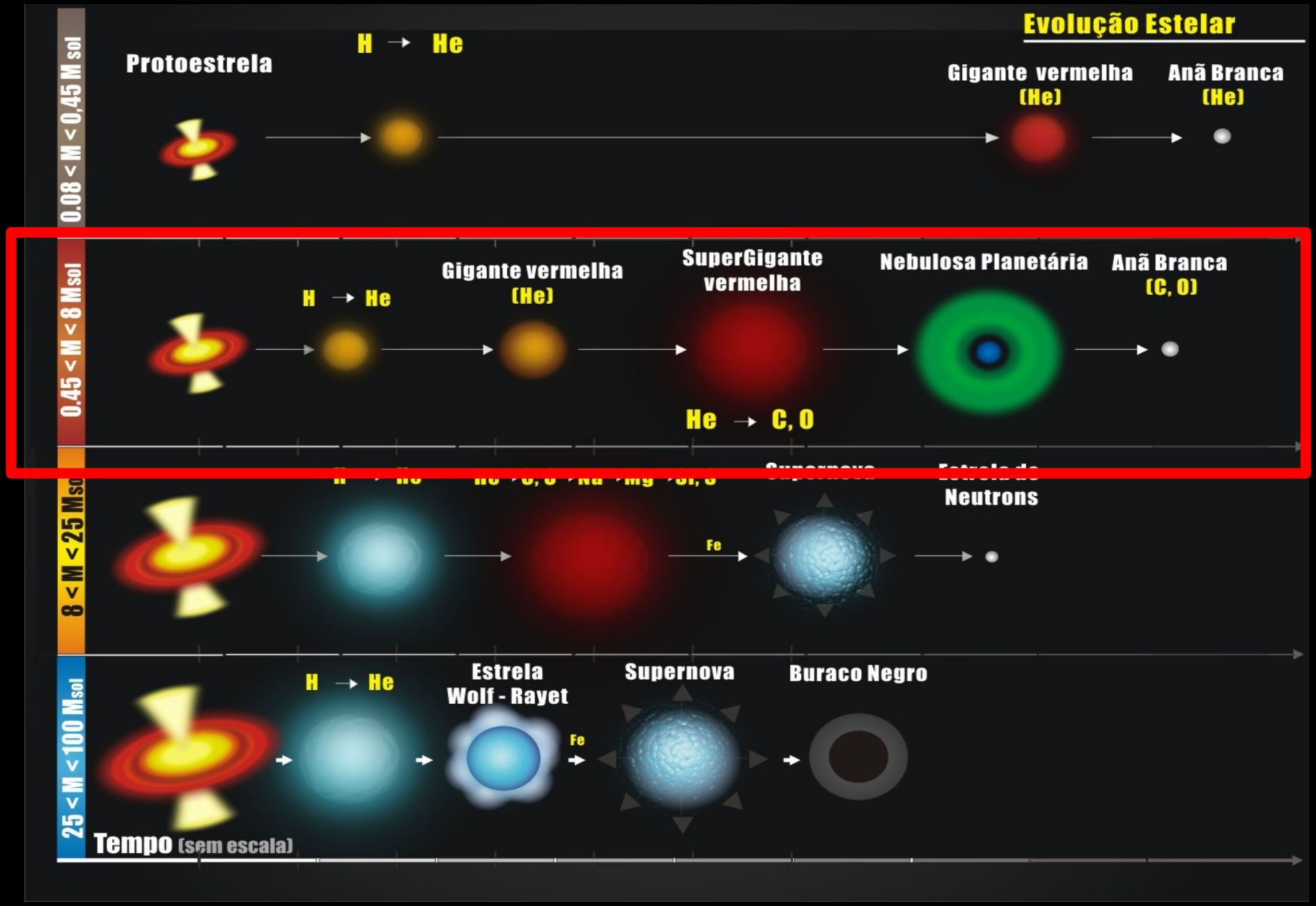
$M = 0.08 - 0.45\ M_{sol}$

Anãs vermelhas: 25 bilhões de anos na SP

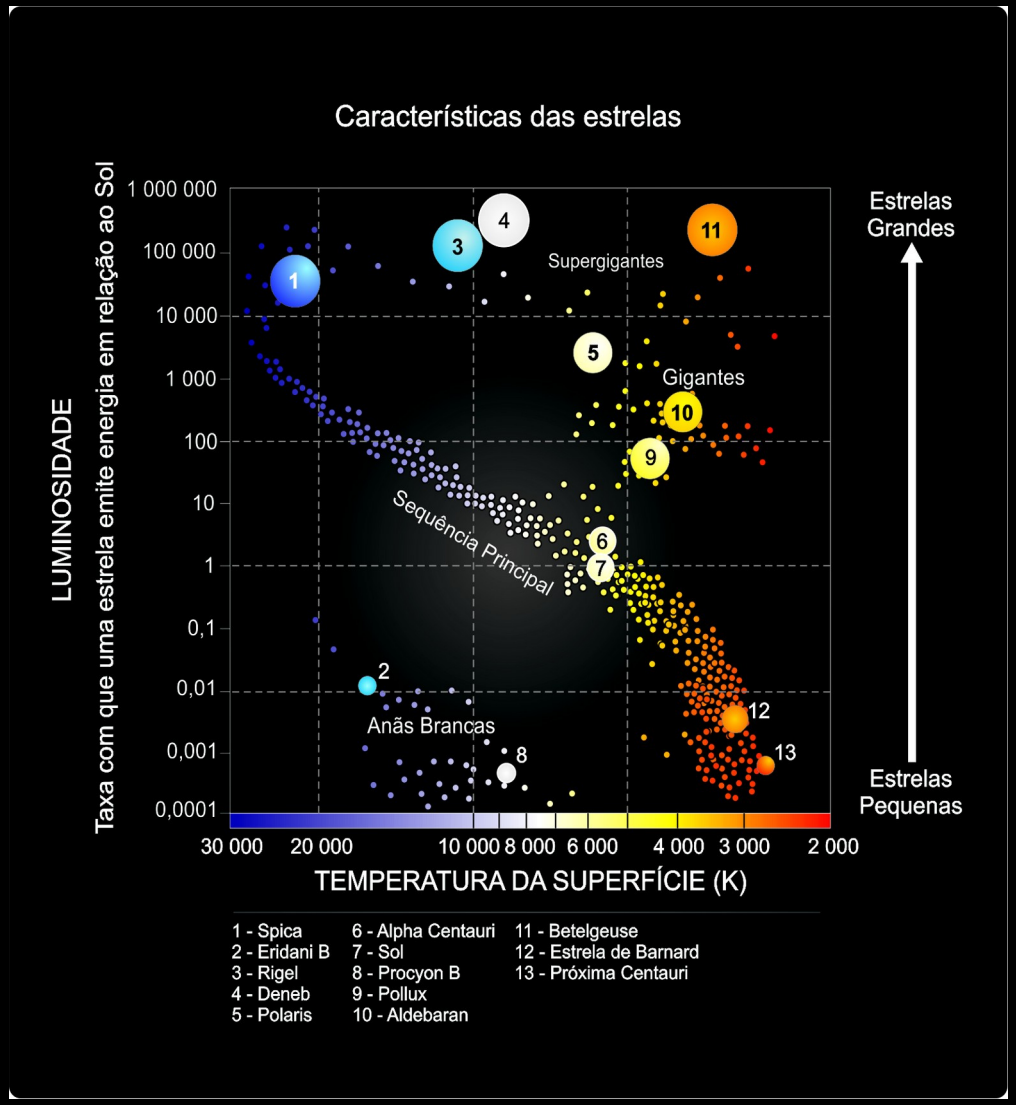
- A estrela é completamente convectiva, mistura o H com o He.
- Transformam quase todo o hidrogênio em hélio.
- Não atingem a temperatura da fusão de hélio (T~ 100 milhões de K)
- Anãs brancas com núcleo de hélio



Estrelas isolada: Evolução pós-sequência principal depende da massa inicial.

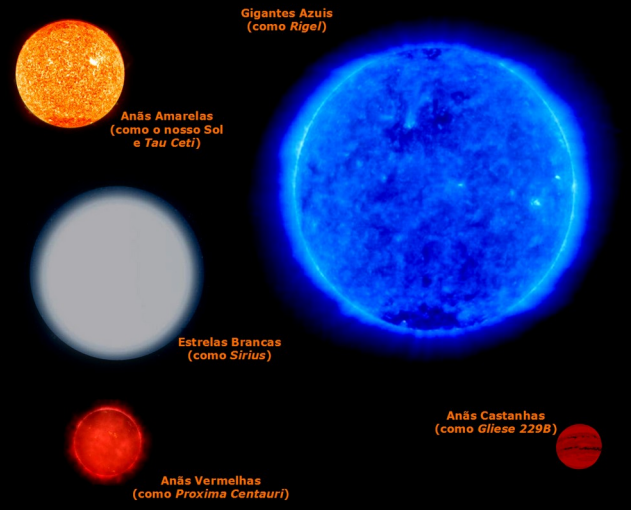


Estrelas de baixa massa



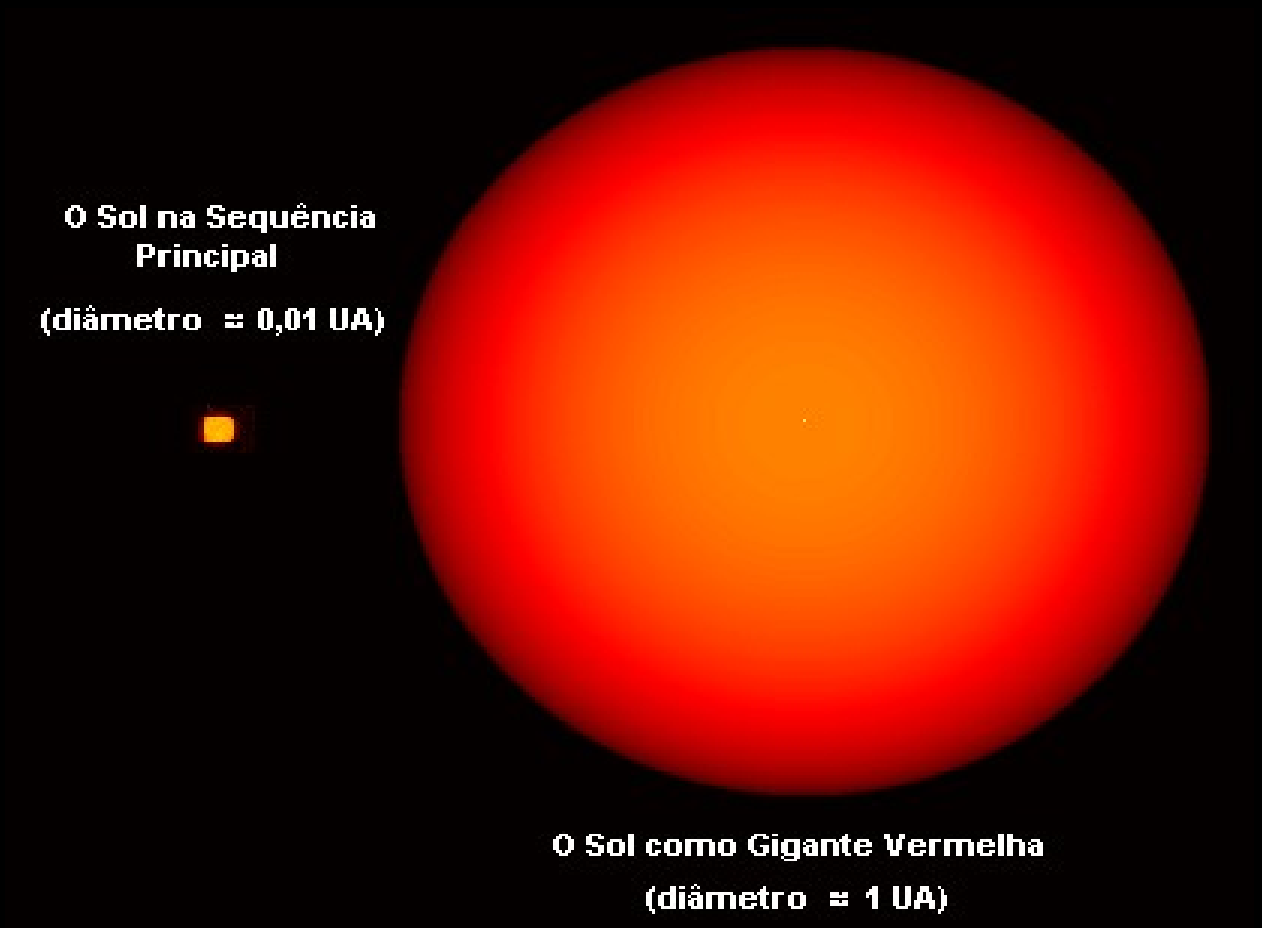
Estrelas como o Sol levam 10 bilhões de anos em queimar todo o hidrogênio (idade do Sol 4,5 bilhões de anos).

Estrelas com 10 massas solares levam 0,1 bilhões de anos em queimar todo o hidrogênio.



Estrelas de baixa massa como o nosso Sol

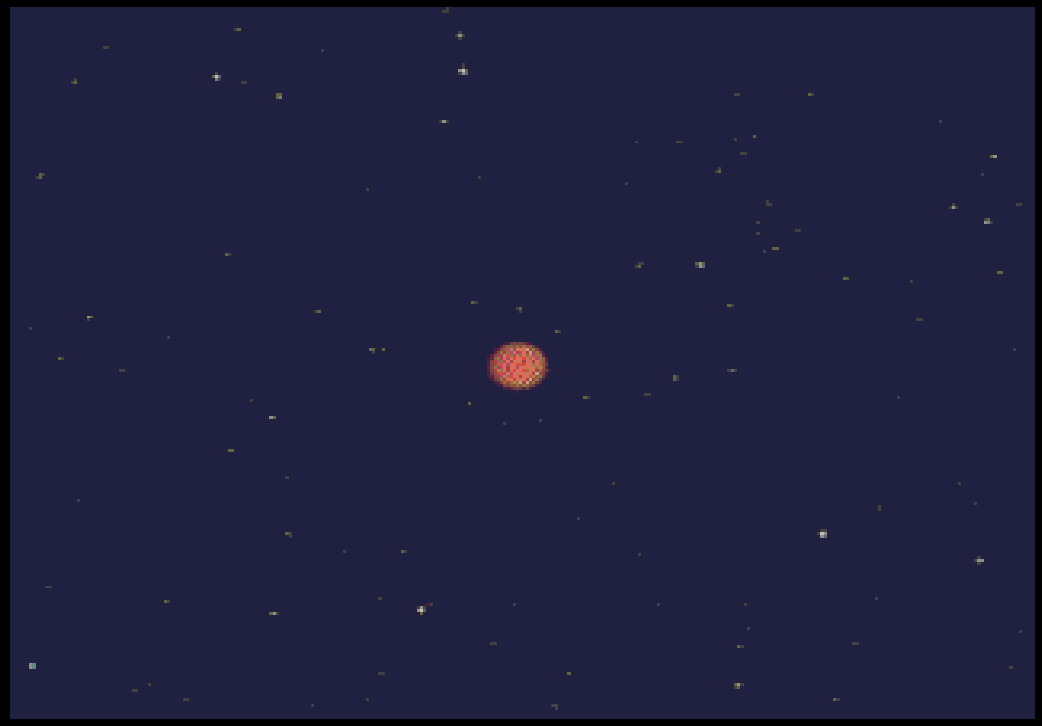
Depois do combustível esgotar, a estrela vira uma Gigante Vermelha

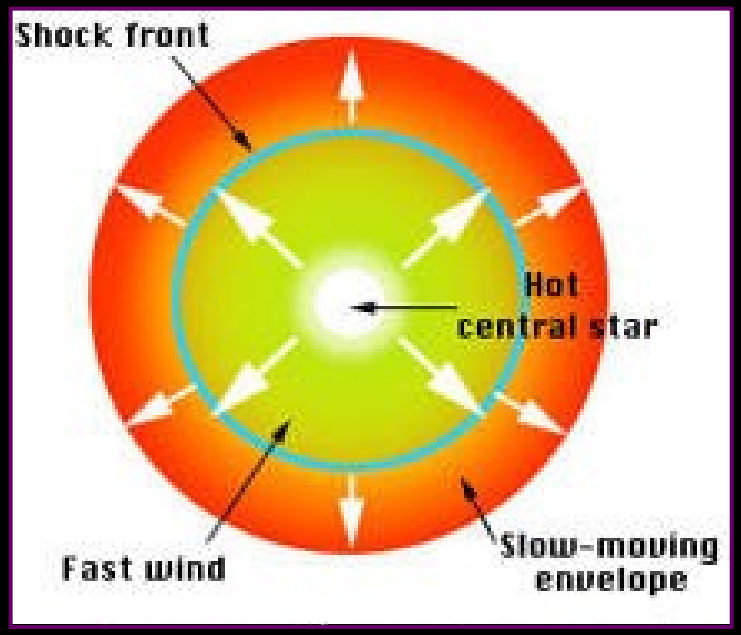


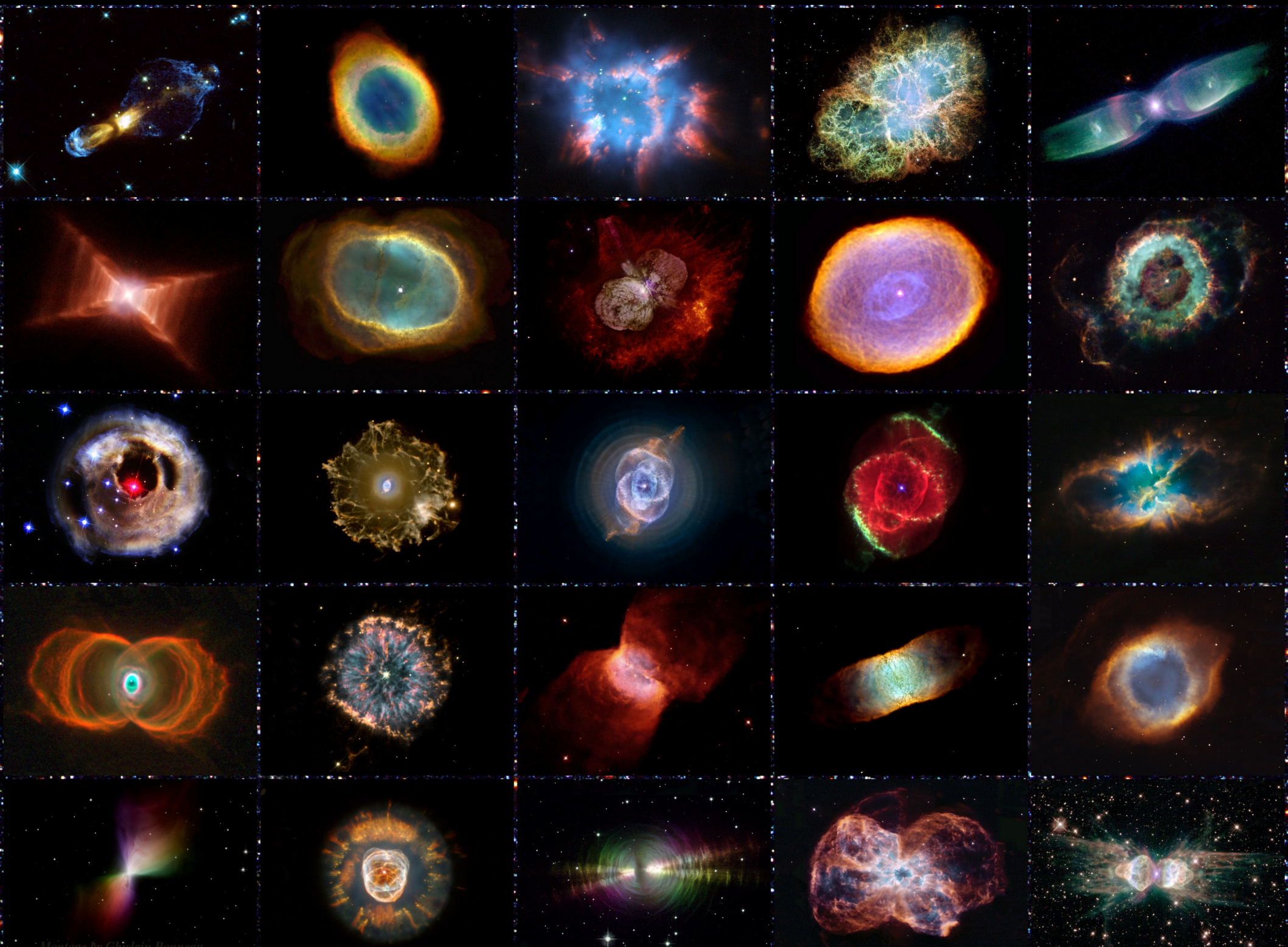
Nesta etapa no centro podemos ter outras reações nucleares (hélio se transforma em carbono e oxigênio)

Nebulosa Planetária

- Ejeção das camadas externas, formação da **nebulosa planetária**
- Expansão ~10-30 km/s
- Perda de massa 10^{-4} M_{sol}/ano







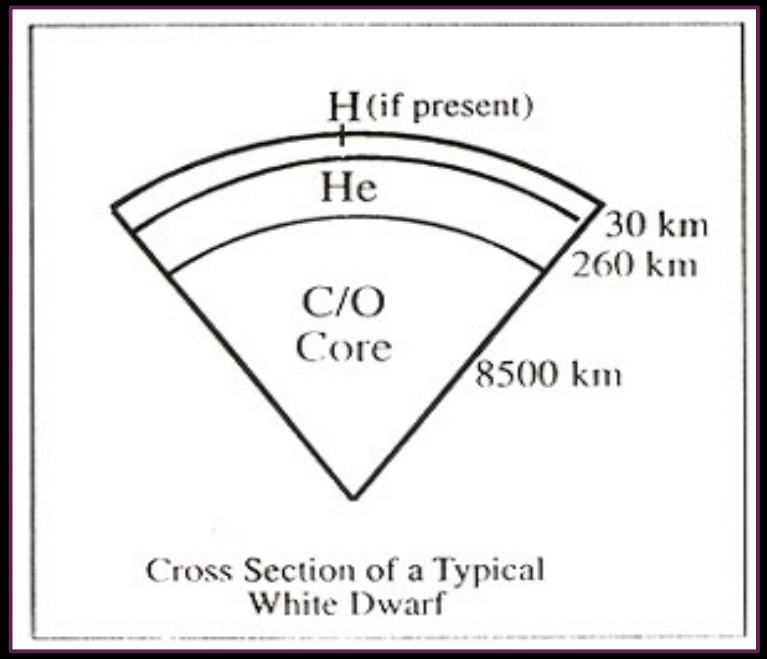
Anãs brancas

Não atinge a temperatura necesária para a queima de carbono.

<u>Estrela anã branca:</u>

Estrela muito compacta

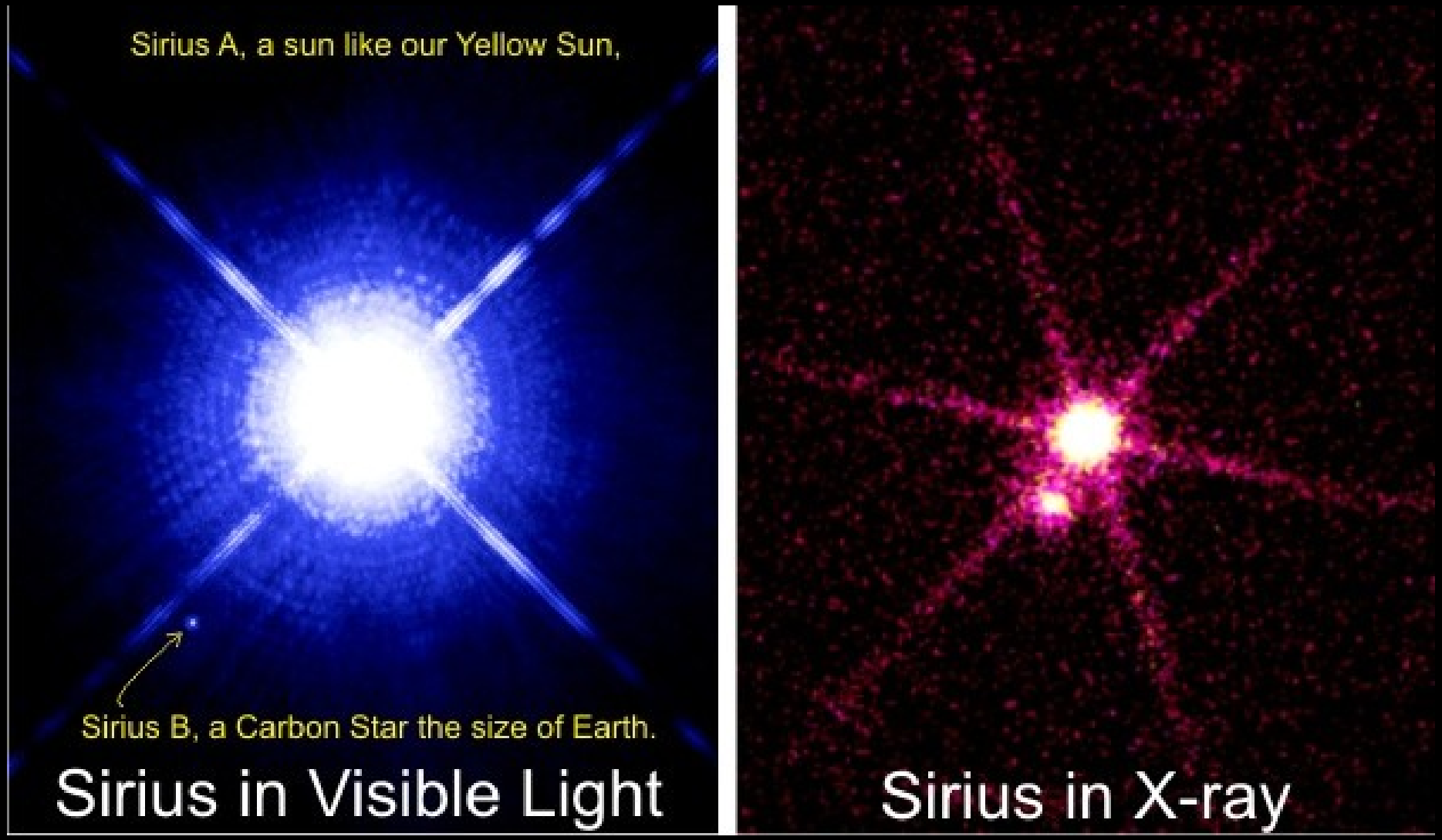
$M \sim 0.6\ M_{sol}$, $R \sim 10.000$ km, $\rho \sim 10^6$ g/cm^3



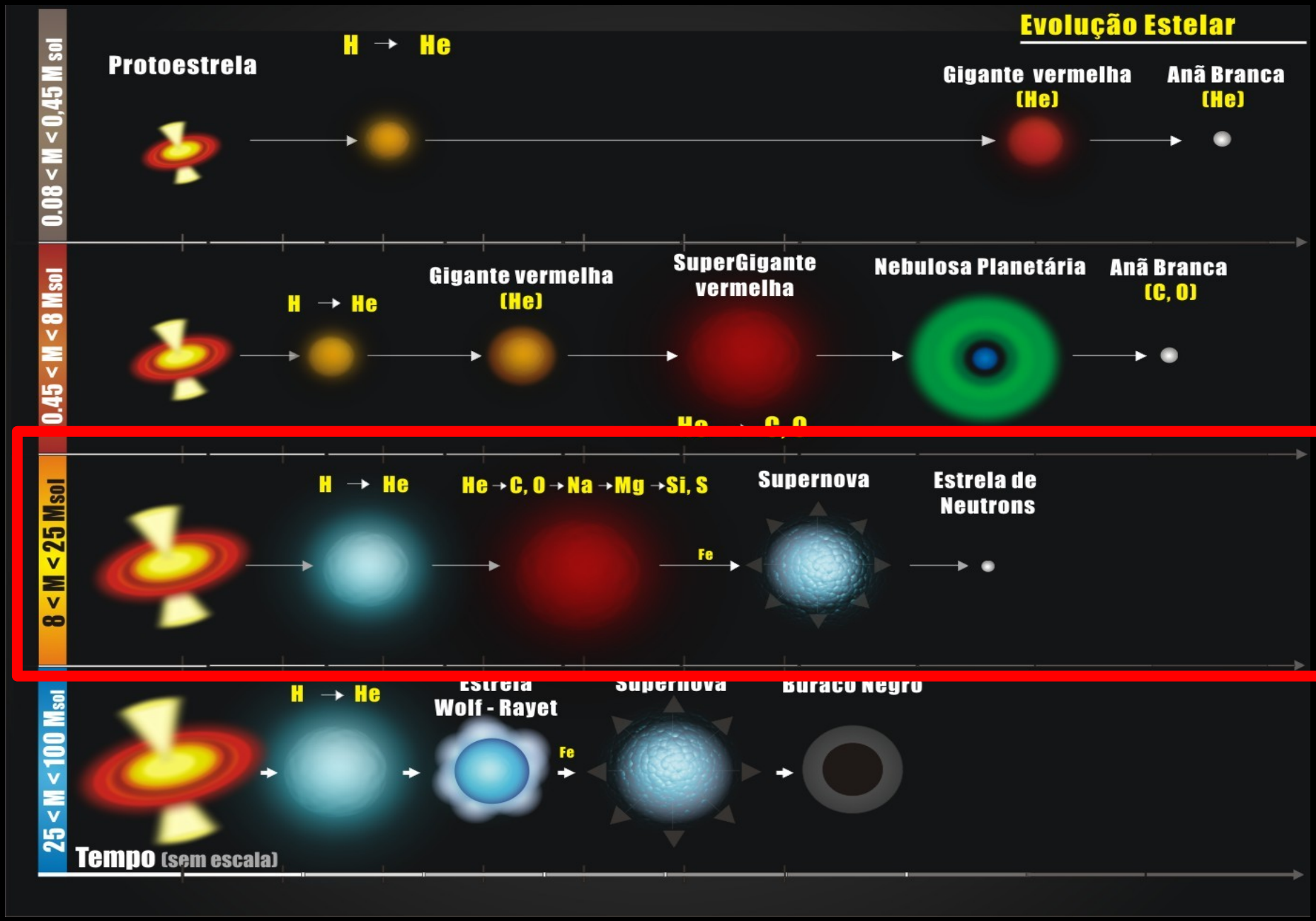
A estrela se esfria liberando a energia térmica almazenada nos íons.

Uma colher pequena pesa 1000 kg

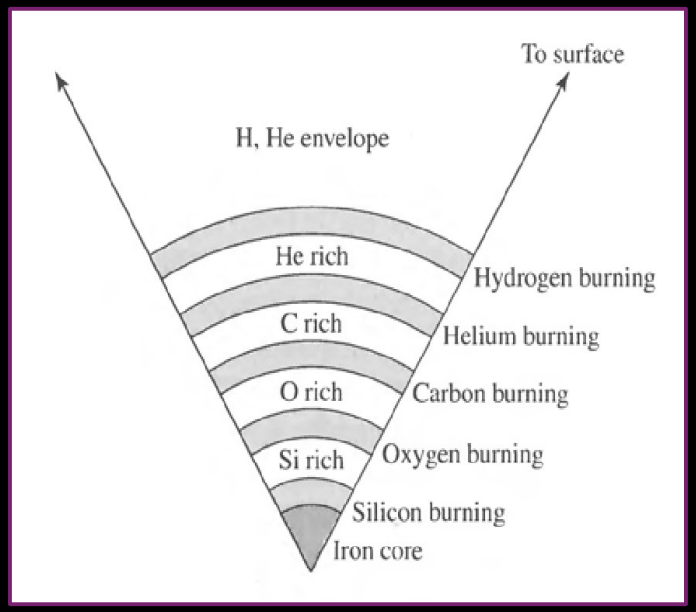
Anãs brancas



Estrelas isolada: Evolução pós-sequência principal depende da massa inicial.

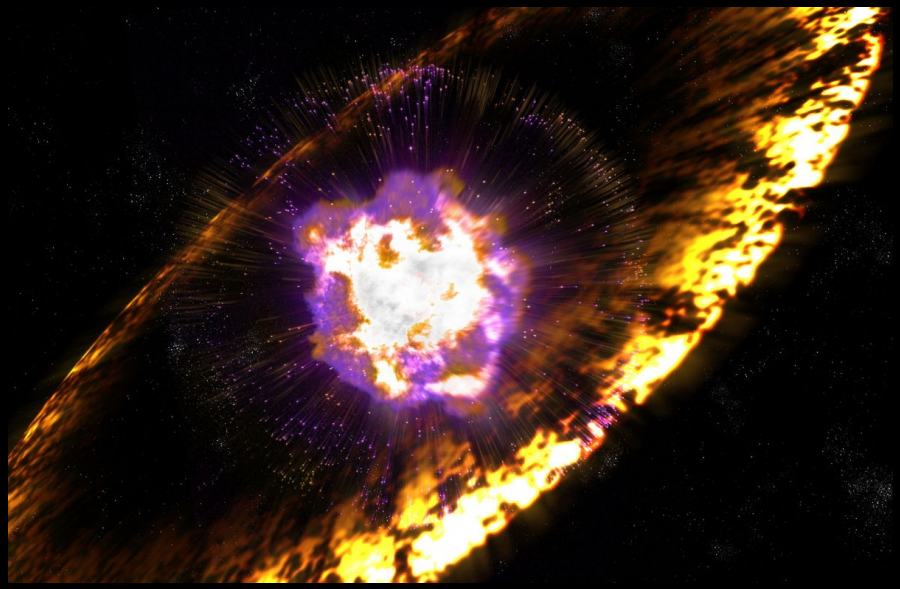


O que acontece com as estrelas massivas?



25 milhões de anos de combustão de hidrogênio

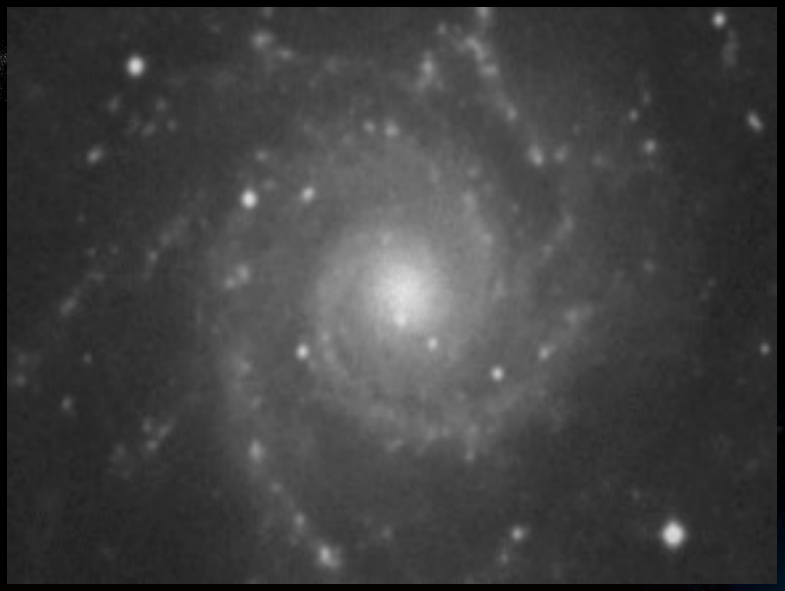
As estrelas massivas conseguem fusionar todos os elementos quimicos até formar ferro, o elemento mais pesado possível.



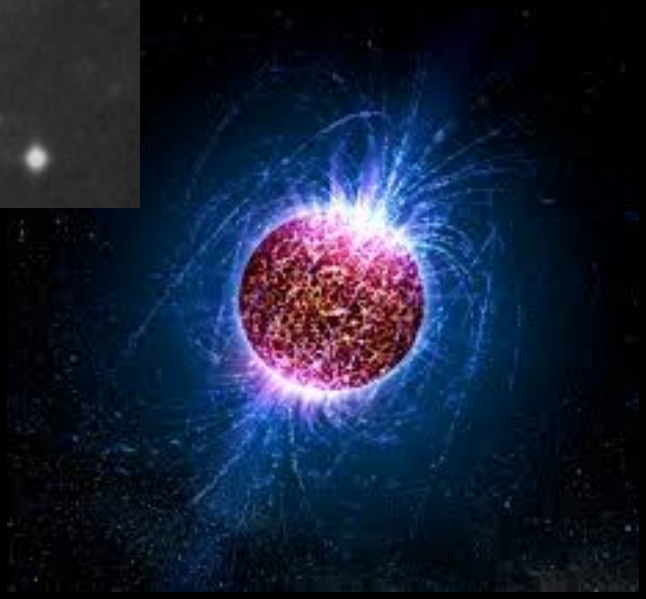
Carbono em magnésio, neônio e sódio (~1000 anos) — Oxigênio em neônio ~ anos — Oxigênio em silício e enxofre ~ anos — Silício e outros em ferro ~ dias

O que acontece com as estrelas massivas?

Sem combustível a estrela explode como uma supernova. As camadas externas da estrelas são expulsas numa explosão de supernova a ~2000 km/s



SN1987A, descoberta por Ian Shelton no Chile em 23 de fevereiro de 1987, na galáxia anã satélite de nossa galáxia, a Grande Nuvem de Magalhães. Como a estrela está a 168 mil anos-luz de distância, a explosão de fato ocorreu em 166 013 a.C.

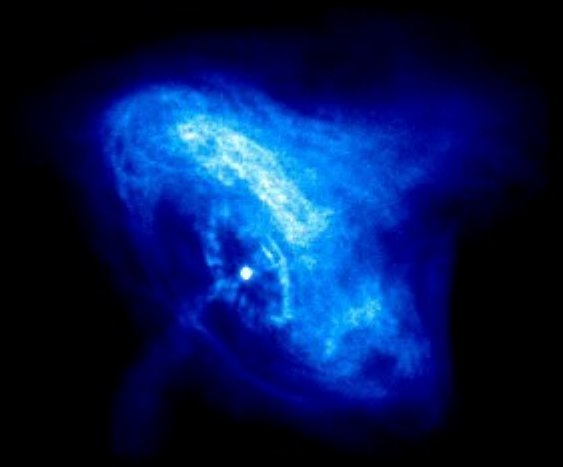


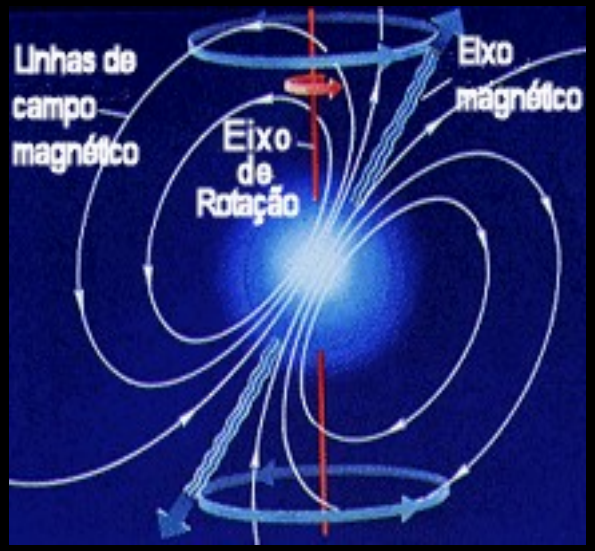
Estrela de Nêutrons

Sem reações nucleares a gravidade comprime o núcleo da estrela até ter 1,4 vezes a massa do Sol numa esfera de 10 km de diâmetro.

Uma colher de matéria pesa 10 bilhões de kg.

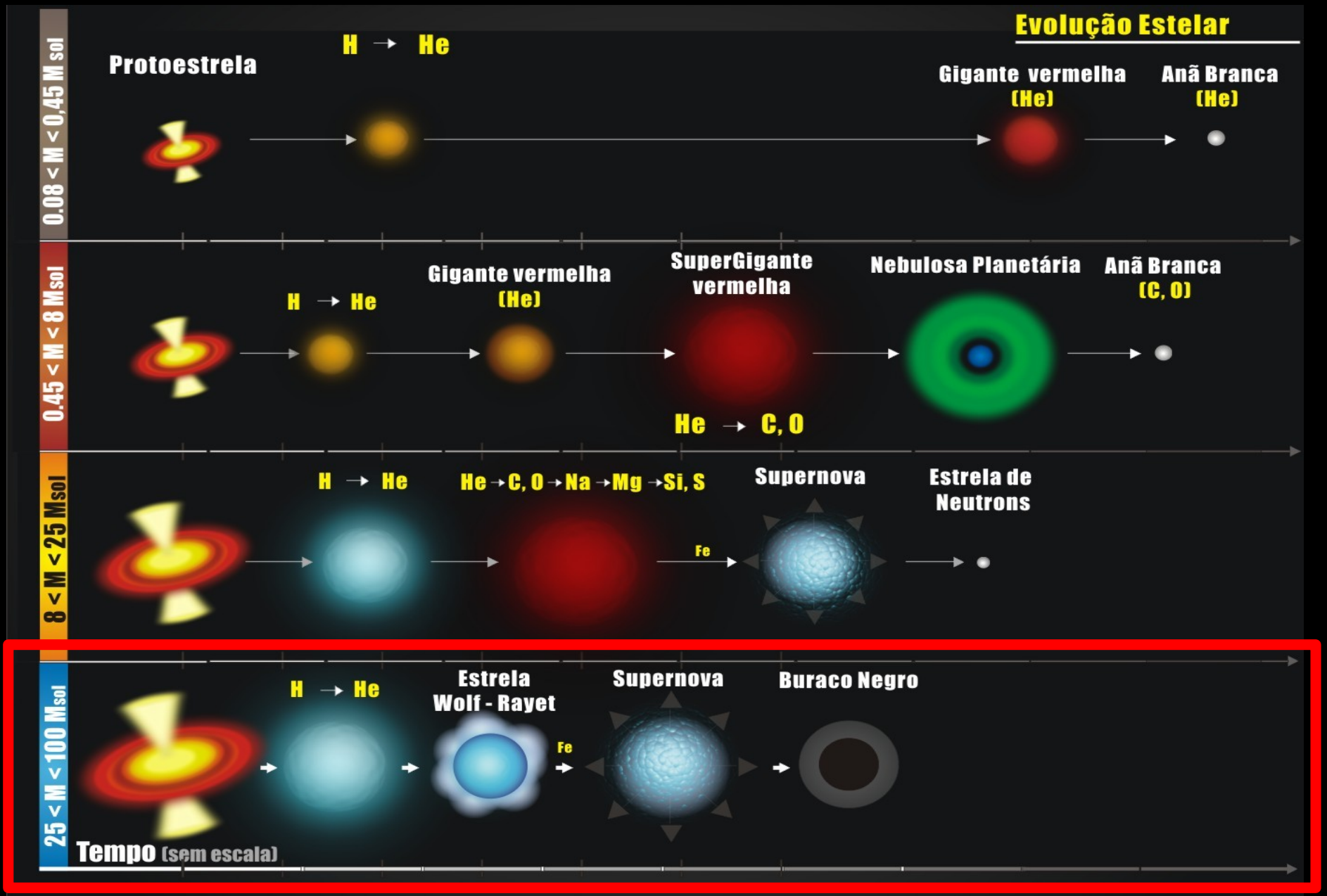
Nebulosa do Caranguejo





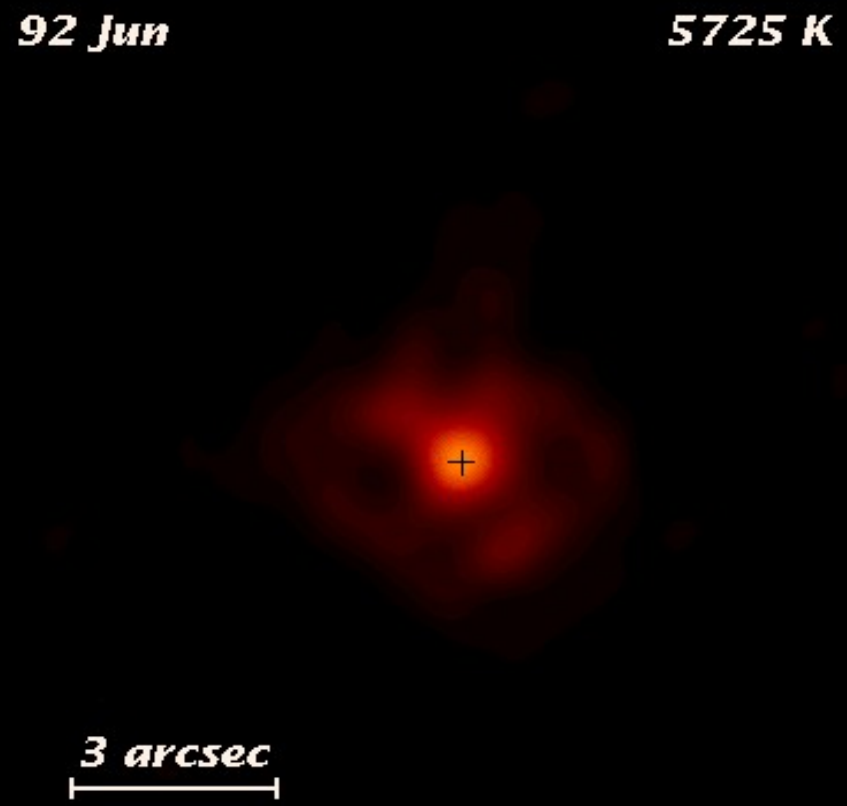
Pulsar Vela em raios-gamma com período de 89 ms.

Estrelas isolada: Evolução pós-sequência principal depende da massa inicial.



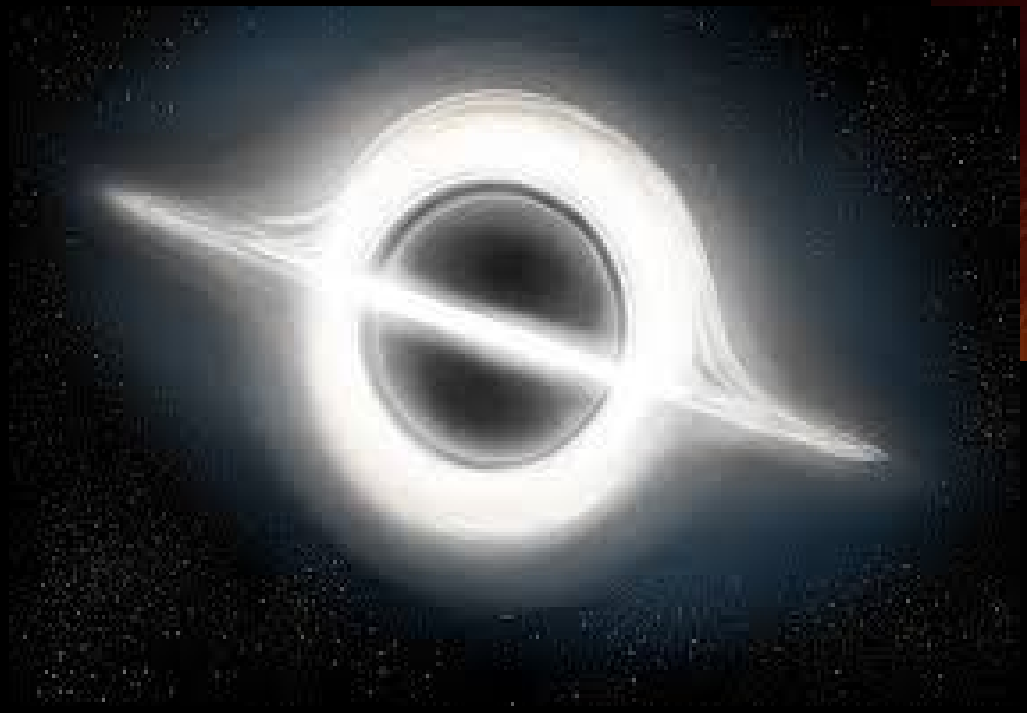
Que acontece com as estrelas ainda mais massivas?

- Estrelas Wolf-Rayet: Muito luminosas, ventos fortes 800 – 3000 km/h, perda de masa $10^{-5} M_{sol}$/ano (2×10^{25} kg/ano).
- Passam por todas a etapas de combustão nuclear, até formar um núcleo de ferro em 2 milhões de anos.



$M > 25\ M_{sol}$

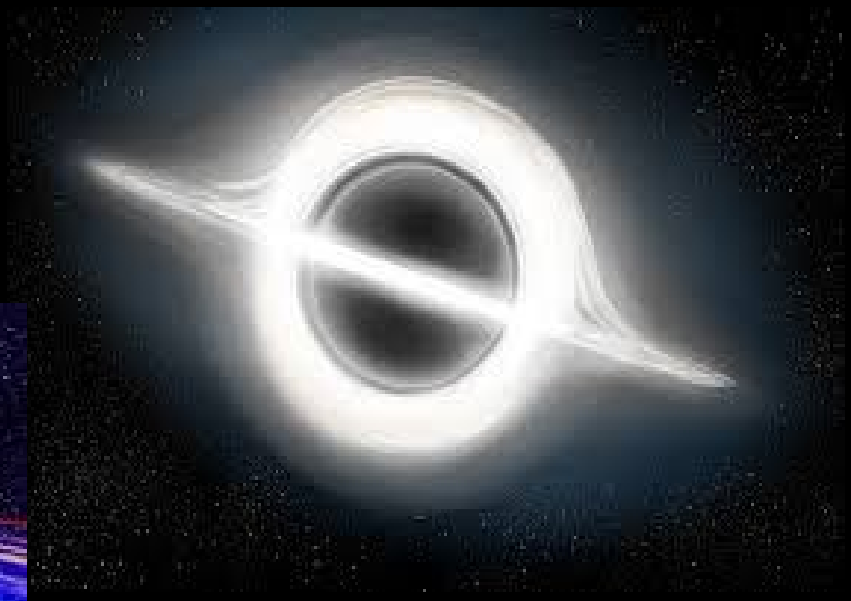
- Colapso do núcleo atinge densidades maiores que as densidades dos núcleos atómicos.
- A estrela explode como uma Supernova formando um Buraco negro M~ $6M_{sol}$, R_{Sol}~20 km.



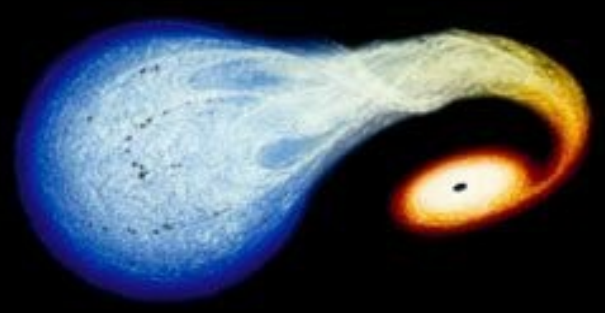
Que acontece com as estrelas ainda mais massivas?

A estrela explode como uma Supernova formando um Buraco negro $M \sim 6M_{sol}$, $R \sim 20$ km.

A força gravitacional é tão grande que nem a luz consegue fugir



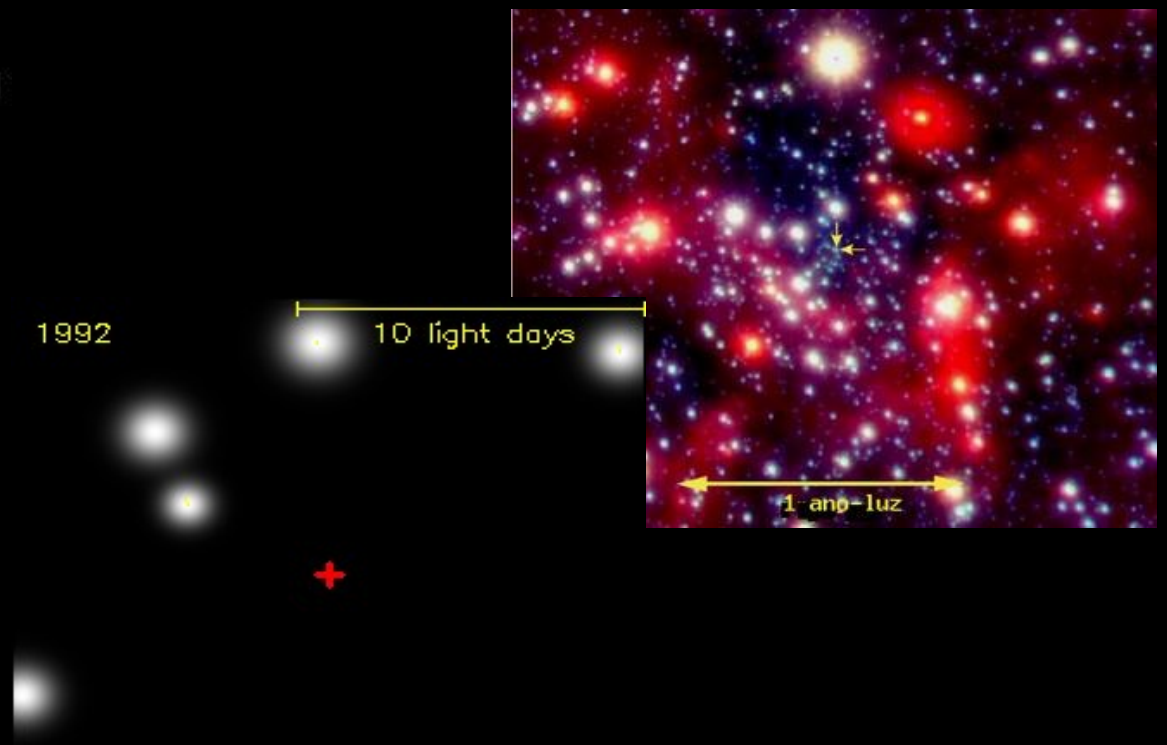
Como detectamos buracos negros?

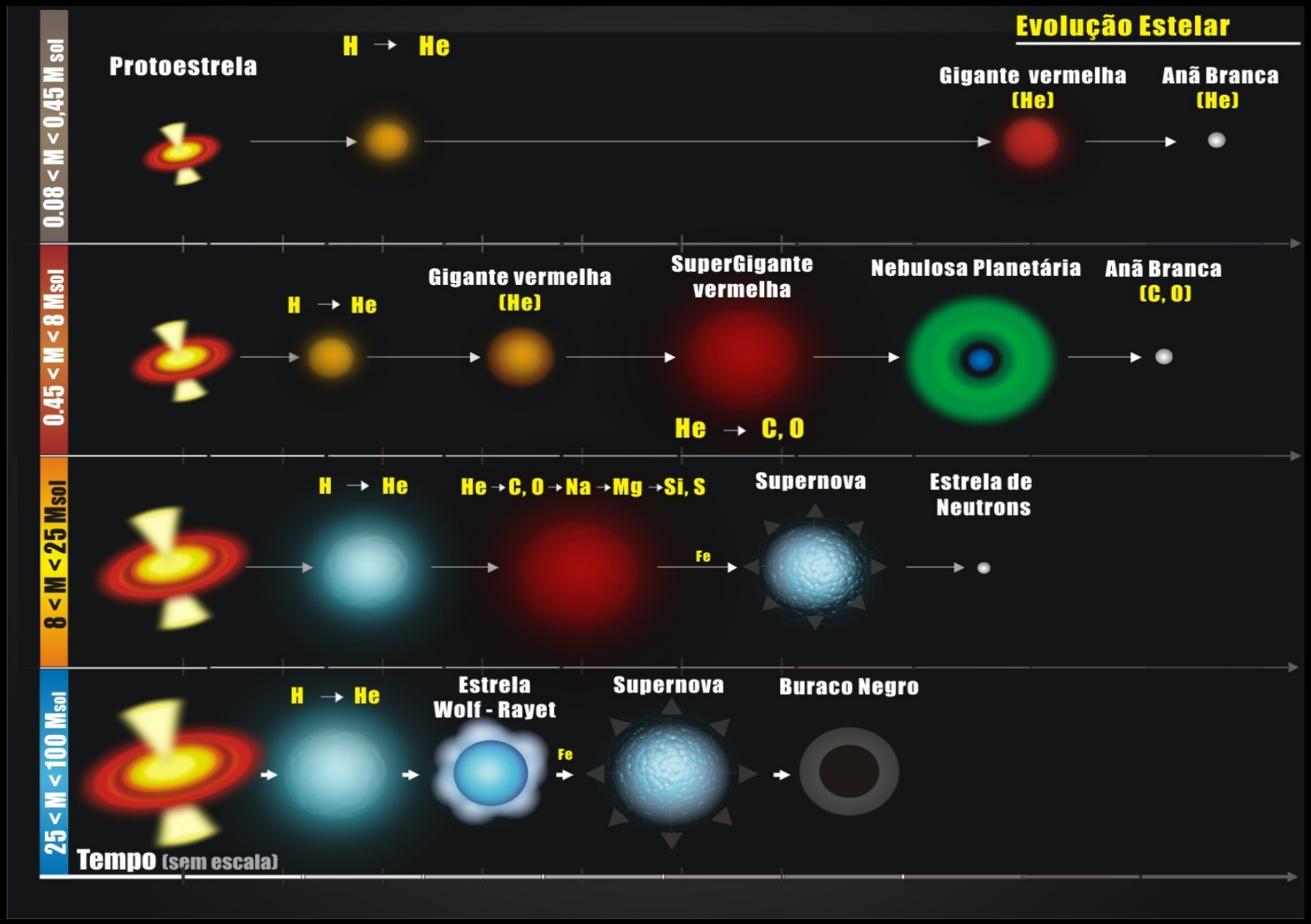


Simulação de Cygnus X-1

Se o buraco negro tem uma estrela companheira, ele acreta massa formando um disco quente.

Pelas órbitas das estrelas:
O movimento do gás e das estrelas no núcleo de nossa Galáxia, a Via Láctea, indica que ali existe um objeto compacto, provavelmente um buraco negro com massa de 3,6 milhões de massas solares.





- Até 10 massas solares -- anã branca -- massa final menor que 1,4 massas solares
- De 10-25 massas solares -- estrela de nêutrons -- massa final 1,4 massas solares
- Acima de 25 massas solare -- buraco negro -- massa final 5-13 massas solares