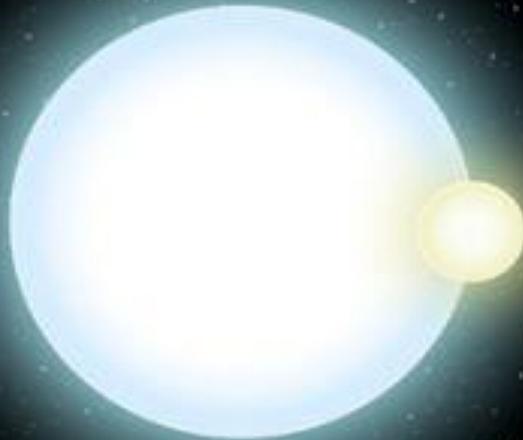


# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

## INSTITUTO DE FÍSICA

Mestrado Profissional em Ensino de Física

Vitor Cossich



## O Surgimento e Desenvolvimento De Uma Anã Branca

IMAGEM: Concepção artística do sistema binário NLTT 11748. A rara anã branca maior, porém bem menos massiva, composta de Hélio é eclipsada pela mais massiva e comum anã branca de carbono/oxigênio, a qual tem praticamente o tamanho da Terra. Crédito: Steve Howell/Pete Marenfeld/NOAO (<http://astropt.org/blog/category/estrelas/anas-brancas/>)

# *O Nascimento e Desenvolvimento De Uma Estrela*

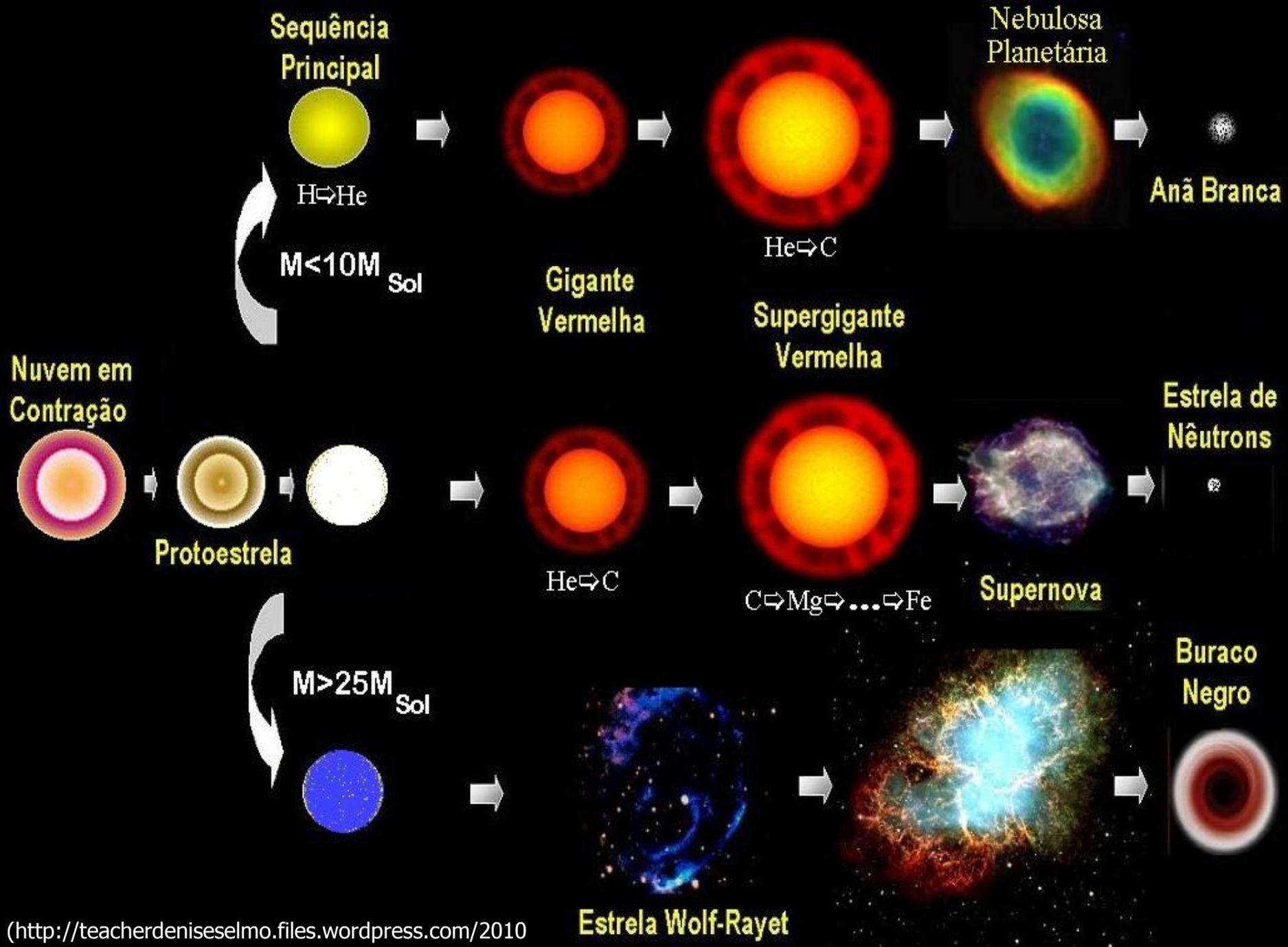
- No espaço existem nuvens de gás, geralmente Hidrogênio, chamadas *Nebulosas*.
- Por atração gravitacional, os átomos do gás são atraídos para o centro de massa do sistema.
- Com o tempo, a nuvem se torna cada vez mais densa, com os átomos espremidos na região central, e acaba tendo formato esférico.
- O atrito entre os átomos aumenta, gerando um aumento de temperatura do sistema.

# *O Nascimento e Desenvolvimento De Uma Estrela*

- Assim, o sistema atinge as condições de temperatura e pressão necessárias para dar início às reações de fusão nuclear.
- Essas fusões liberam grande quantidade de energia e, assim, a estrela começa a brilhar, isto é, nasceu!
- Com o tempo, o combustível da estrela se esgota, e a estrela segue sua evolução de acordo com sua massa.

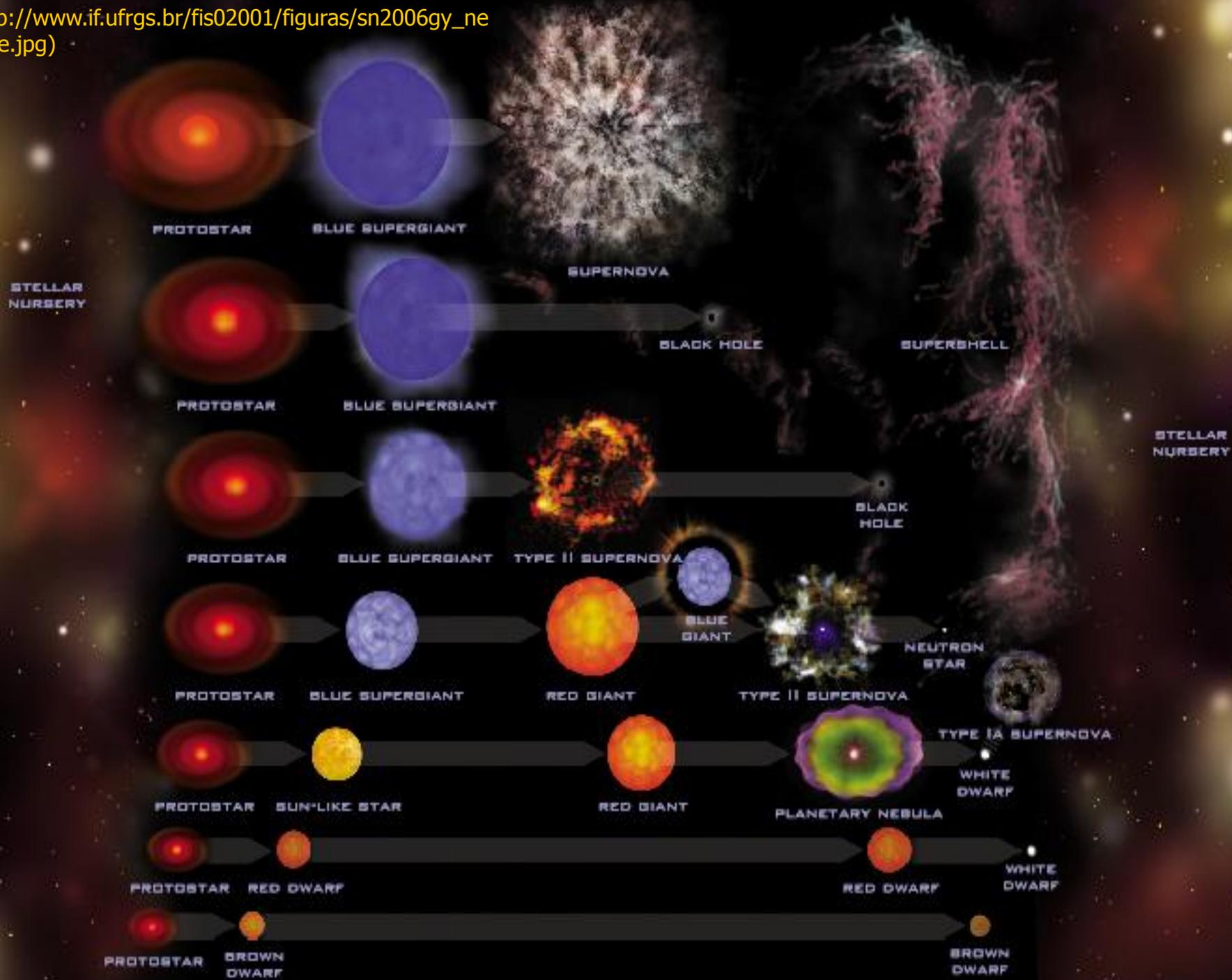
# *O Nascimento e Desenvolvimento De Uma Estrela*

- A evolução de uma estrela pode gerar:
  - ✓ Anã Preta ou Marrom ou planeta: pequena massa. (não houve massa suficiente para dar a partida nas reações nucleares e sendo assim o objeto final pouco ou nada brilha)
  - ✓ Anã Branca: massa mediana, da ordem de 1,4 massas solares (após a explosão). Viram estrelas pequenas, mas de grande brilho.
  - ✓ Supernovas ou Estrelas de Nêutrons: oriundas da explosão de estrelas mais massivas.
  - ✓ Buraco Negro: estágio final de uma estrela super massiva.



(<http://teacherdeniseselmo.files.wordpress.com/2010/01/evolucao-estelar1.jpeg>)

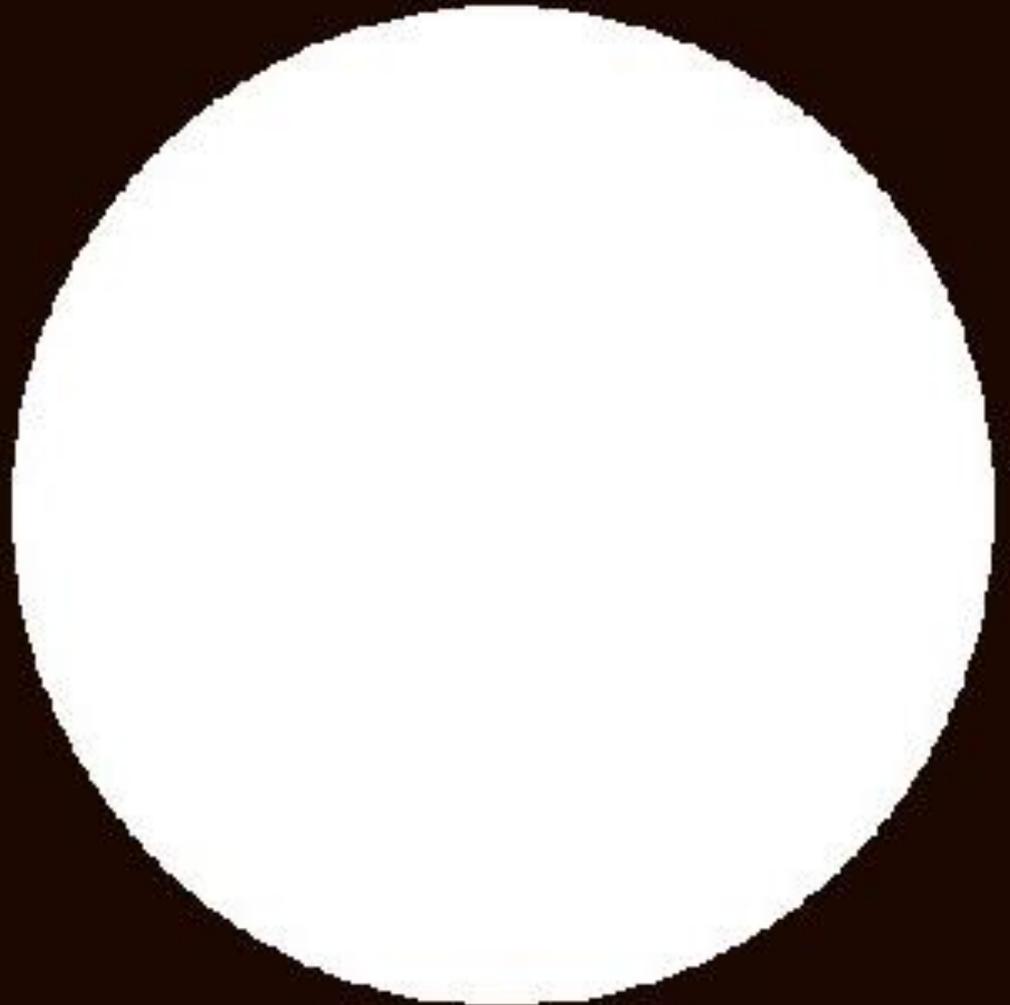
([http://www.if.ufrgs.br/fis02001/figuras/sn2006gy\\_ne\\_wline.jpg](http://www.if.ufrgs.br/fis02001/figuras/sn2006gy_ne_wline.jpg))



# *Anãs Brancas*

- O estudo sobre as anãs brancas iniciou-se em 1850 com a descoberta da estrela secundária de Sirius, chamada Sirius B.
- Trata-se uma estrela 10000 vezes menos luminosa do que Sirius A, mas com uma massa de 0.98 massa solar.
- Sua temperatura, sendo da ordem de 10,000K, seu raio deveria ser extremamente pequeno.
- Como estrelas com essa temperatura externa são brancas, esse tipo de estrela passou a ser chamado de *anã branca*.
- Anãs brancas são, portanto, de massa comparável à do Sol, mas de tamanho apenas ligeiramente maior do que o da Terra.

# *Anãs Brancas*



*40 Eridanus B*

# *Anãs Brancas*

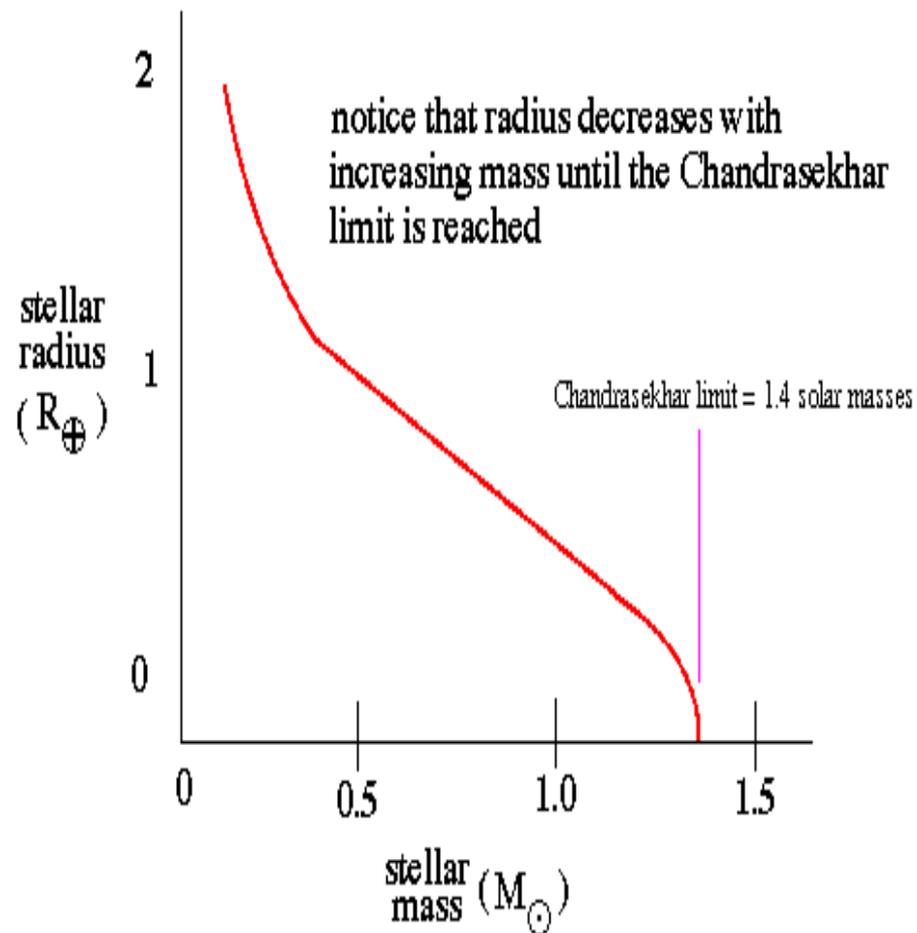
- Todas as estrelas com massas entre 0,08 e 8 massas solares (antes de explodir) estão destinadas a terminar as suas vidas como anãs brancas.
- No interior de uma anã branca, os elétrons encontram-se dissociados dos núcleos dos átomos (plasma) e movem-se livremente, gerando uma pressão (pressão de Fermi) que resiste à força esmagadora da gravidade.
- Estas estrelas resultam do esgotamento das reservas de combustível nuclear em estrelas de média dimensão, as quais, sem a pressão de Fermi, cedem à força da gravidade e solidificam, transformando-se em pequenas anãs formadas por carbono ou oxigênio.

# *Anãs Brancas*

- Quanto maior for a estrela, maior a quantidade de matéria que perde ao longo da sua vida e em especial durante a fase de gigante vermelha.
- Uma estrela com 8 massas solares acaba a sua vida como uma anã branca de 1,4 massas solares; uma anã vermelha acaba a sua vida como uma anã branca com aproximadamente a mesma massa.
- Uma característica interessante das anãs brancas é o fato de que, quanto maior a sua massa, menor a sua dimensão, isto é, à medida que se adiciona massa a uma anã branca, esta vai reduzindo o seu tamanho.

# Anãs Brancas

## Mass-Radius Relation for White Dwarfs

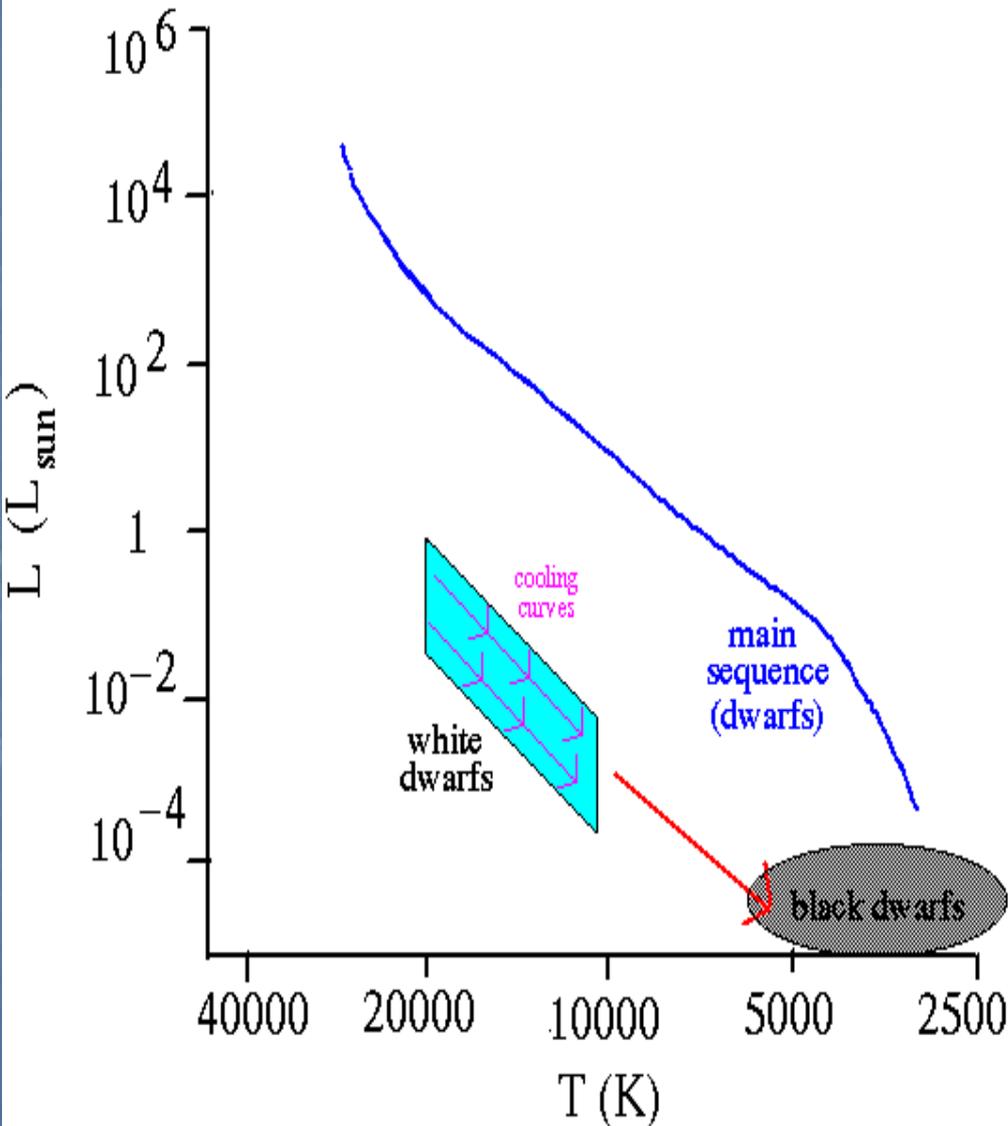


➤ Existe um limite para este fenômeno de redução de tamanho pois, a partir de certa altura, a velocidade requerida aos elétrons para que estes suportem a força da gravidade é a velocidade da luz, a qual não pode ser ultrapassada. Esse limite é chamado de Massa de Chandrasekhar.

# *Anãs Brancas*

- Não possuem uma fonte de energia nuclear que as mantenham luminosas por muito tempo.
- Entretanto, uma anã branca, por ser originalmente a região central de uma estrela, é inicialmente um objeto bastante quente.
- Em conseqüência, ela mantém-se irradiando luz pela conversão de seu manancial de energia interna em radiação.
- Uma estrela normal também o faz, mas tem sua energia térmica repostada pelas reações nucleares.
- No caso de uma anã branca, a inexistência de um processo de reposição de sua energia interna implica que a estrela lentamente se resfria.

# Anãs Brancas



➤ Estrelas de maior massa se resfriam mais rapidamente do que as de menor massa. A *curva de resfriamento* ao lado mostra a relação entre luminosidade e temperatura para uma anã branca.

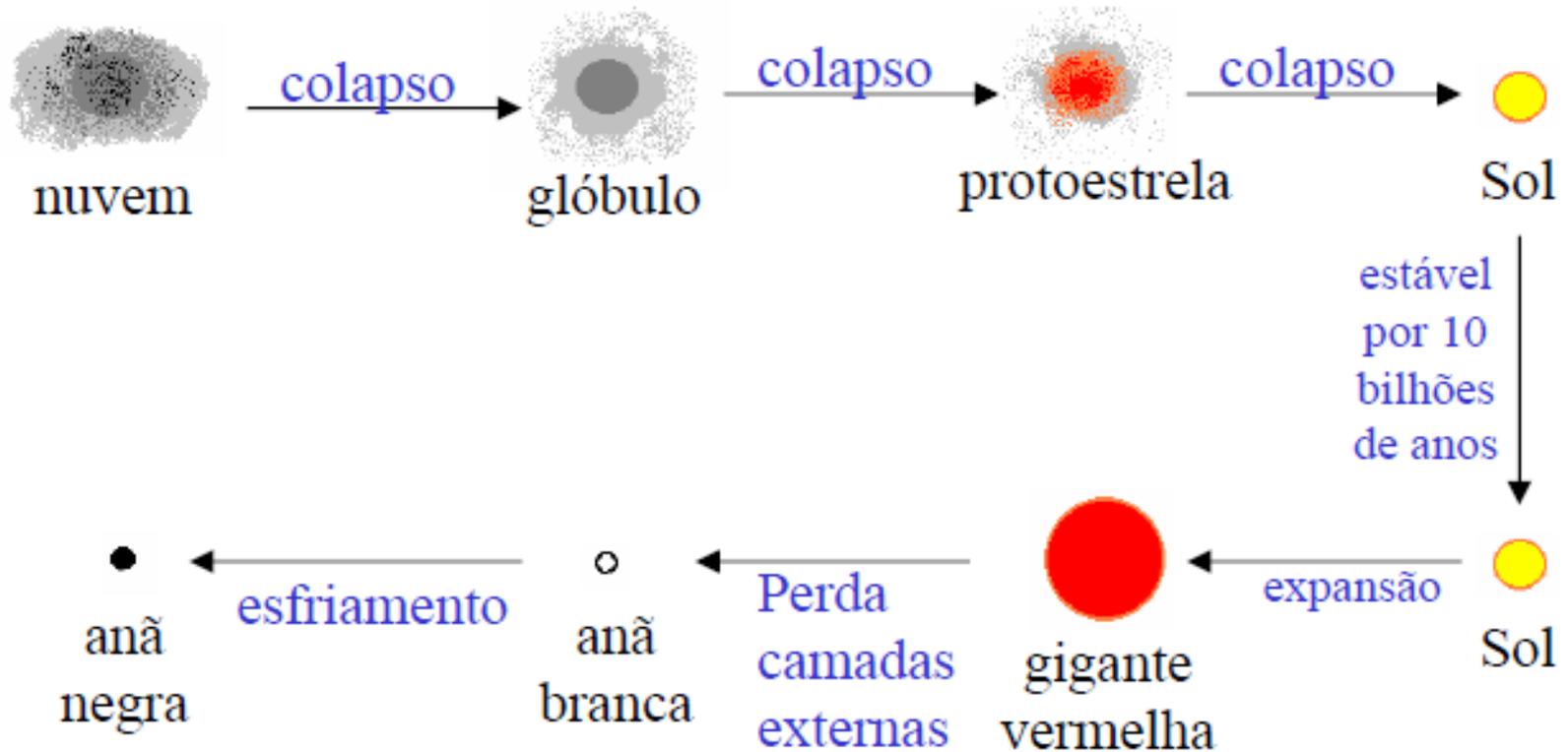
# *Anãs Brancas*

- O resfriamento por emissão de luz é uma das formas pelas quais uma anã branca se resfria.
- A outra envolve a emissão de neutrinos.
- Se a temperatura é da ordem de uns 30 milhões de graus, raios gama podem passar próximos a elétrons e produzir um par de neutrinos.
- Estas partículas, cuja massa é nula ou muito baixa, interagem muito pouco com a matéria e escapam livremente da estrela, carregando consigo energia.
- Por outro lado, à medida em que a anã branca se resfria, os íons em seu interior podem formar uma estrutura ordenada, liberando energia.

# *Anãs Brancas*

- Isso ocorre quando a temperatura em queda atinge um determinado valor crítico.
- A este processo denominamos de *cristalização*, e sua energia liberada aumenta o tempo de resfriamento de uma anã branca em torno de 30%.
- O processo de resfriamento nas anãs brancas é lento. Após cerca de 1 bilhão de anos, a luminosidade de uma anã branca se reduz a um valor da ordem de 0.001 do valor solar.
- Mas o processo não para aí e a anã branca eventualmente irradia toda a sua energia interna, tornando-se um objeto sólido, cristalizado e frio: uma anã preta.

# Ciclo de vida do Sol



# *Referências*

- *Astronomia e Astrofísica* (S.O. Kepler e Maria de Fátima Oliveira Saraiva)
- [www.cdcc.usp.br/cda/astro-multi-ifsc/evolucao-estelar.ppt](http://www.cdcc.usp.br/cda/astro-multi-ifsc/evolucao-estelar.ppt)
- <http://www.knoow.net/cienciaseexactas/fisica/anabranca.htm>
- <http://astro.if.ufrgs.br/evol/node47.htm>
- [http://www.pgie.ufrgs.br/portalead/oei/stars/wd/wd\\_evol.htm](http://www.pgie.ufrgs.br/portalead/oei/stars/wd/wd_evol.htm)

# *Curiosidades*

- <http://culturaespacial.com/2010/03/16/ana-branca/>
- <http://astropt.org/blog/category/estrelas/anas-brancas/>