

V Escola José Plínio Baptista

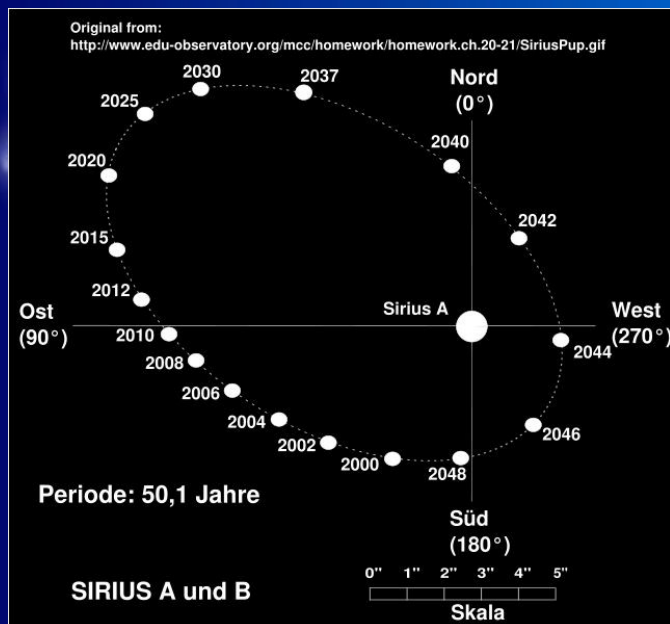
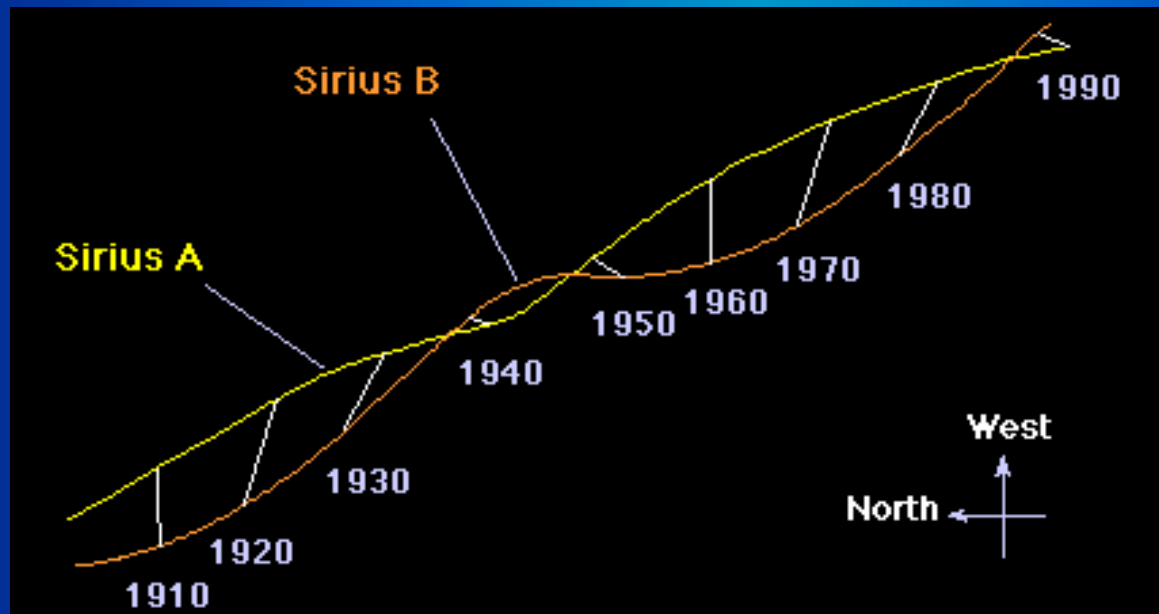
Estrelas anãs brancas I:

Observações

Alejandra Daniela Romero



A descoberta de Sirius B

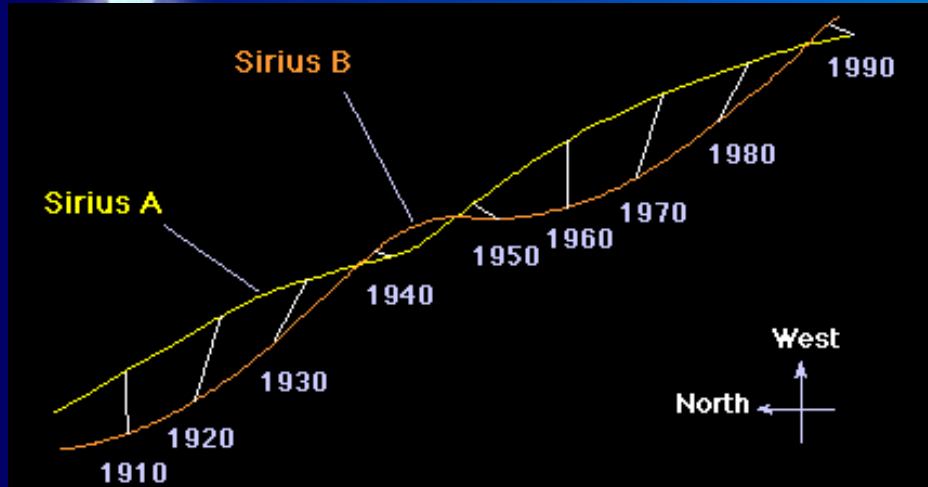


Bessel estimou que a distância a Sirius era de $2.64 \text{ pc} = 8.61 \text{ ly}$;

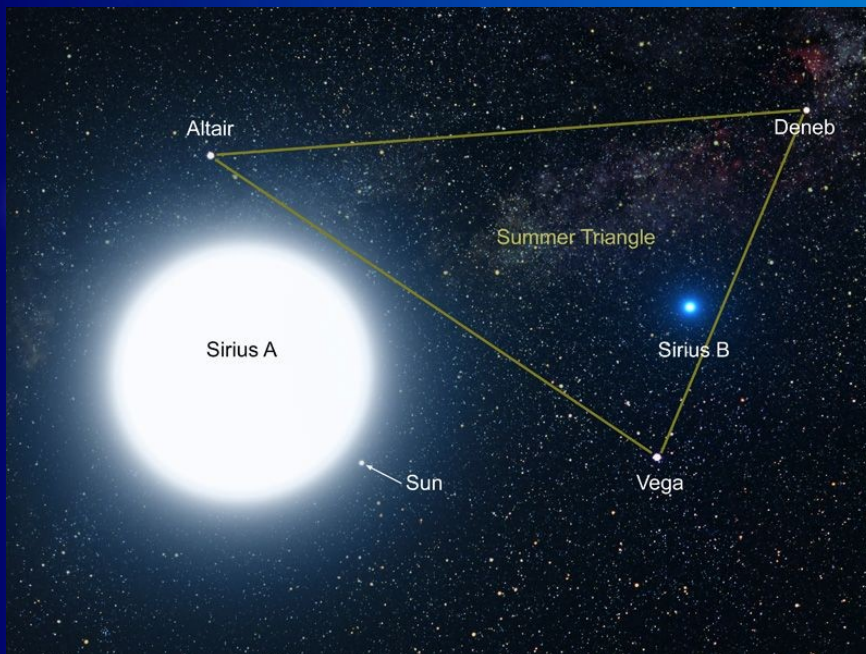
Detectou um “wobble” na órbita de Sirius A: companheira binária, $P=50$ anos (49.9 anos).

Alvan Clark detectou Sirius B visualmente.

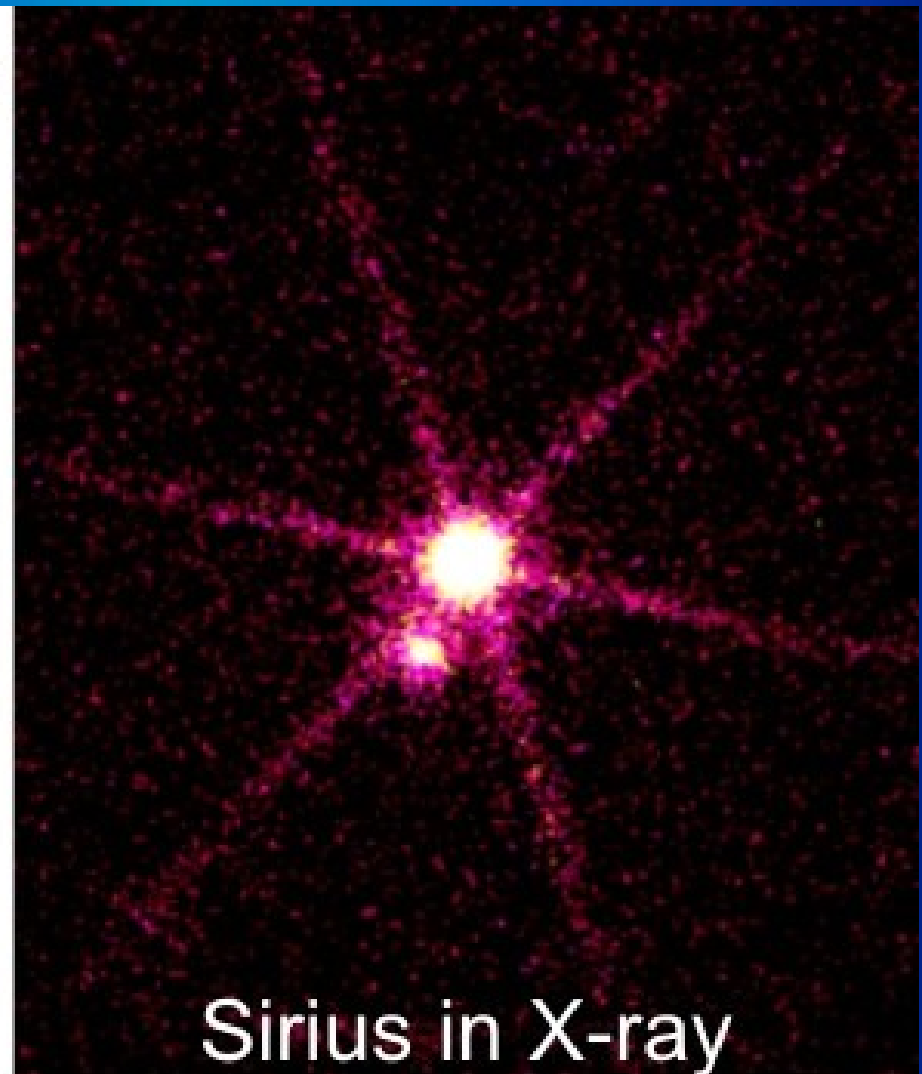
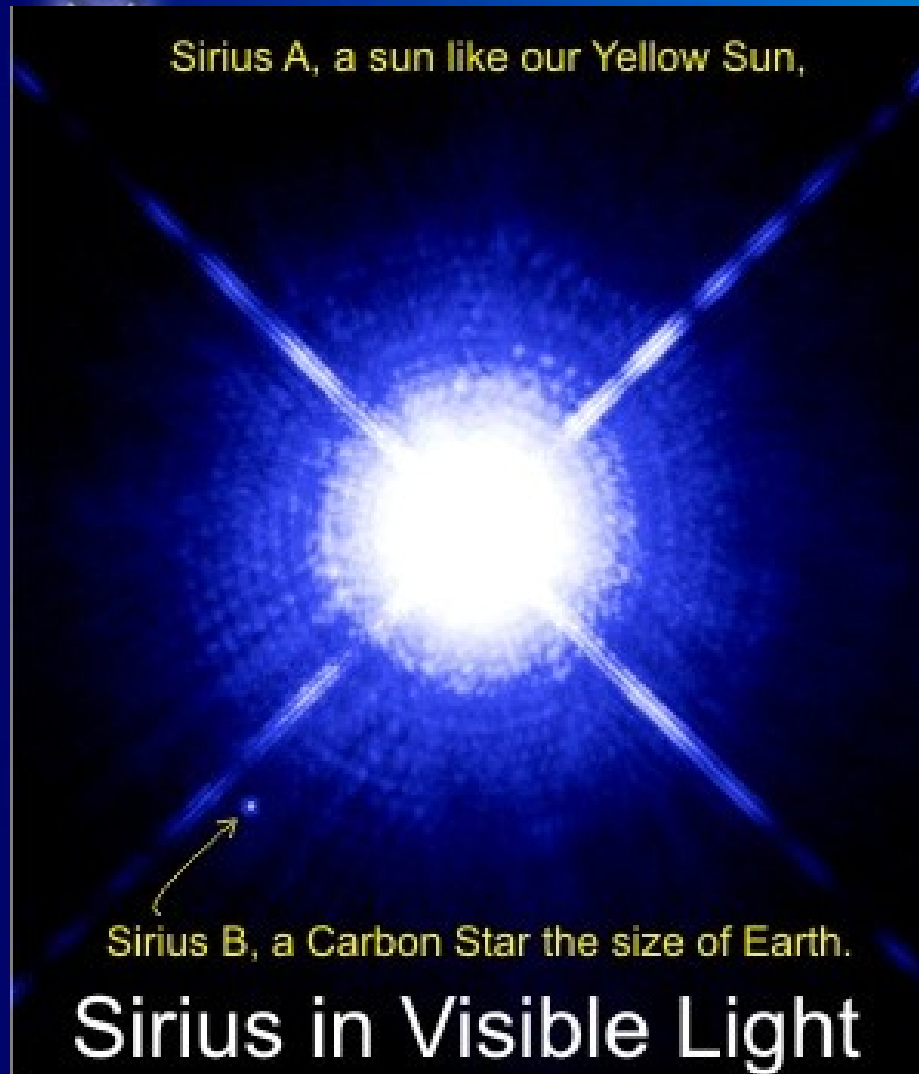
A descoberta de Sirius B



- Como Sirius B era fraca, comparada com Sirius A, se esperava que fosse uma estrela anã vermelha da Sequência Principal.
- Walter Adams 1915: Sirius B é quente ($\sim 27\,000\text{ K}$) e azul.
- Considerando a massa $\sim 1M_{\text{sol}}$ (da órbita) e a luminosidade $\sim 0.03 L_{\text{sol}}$, o raio é $R \sim 0.008R_{\text{sol}}$!



A descoberta de Sirius B



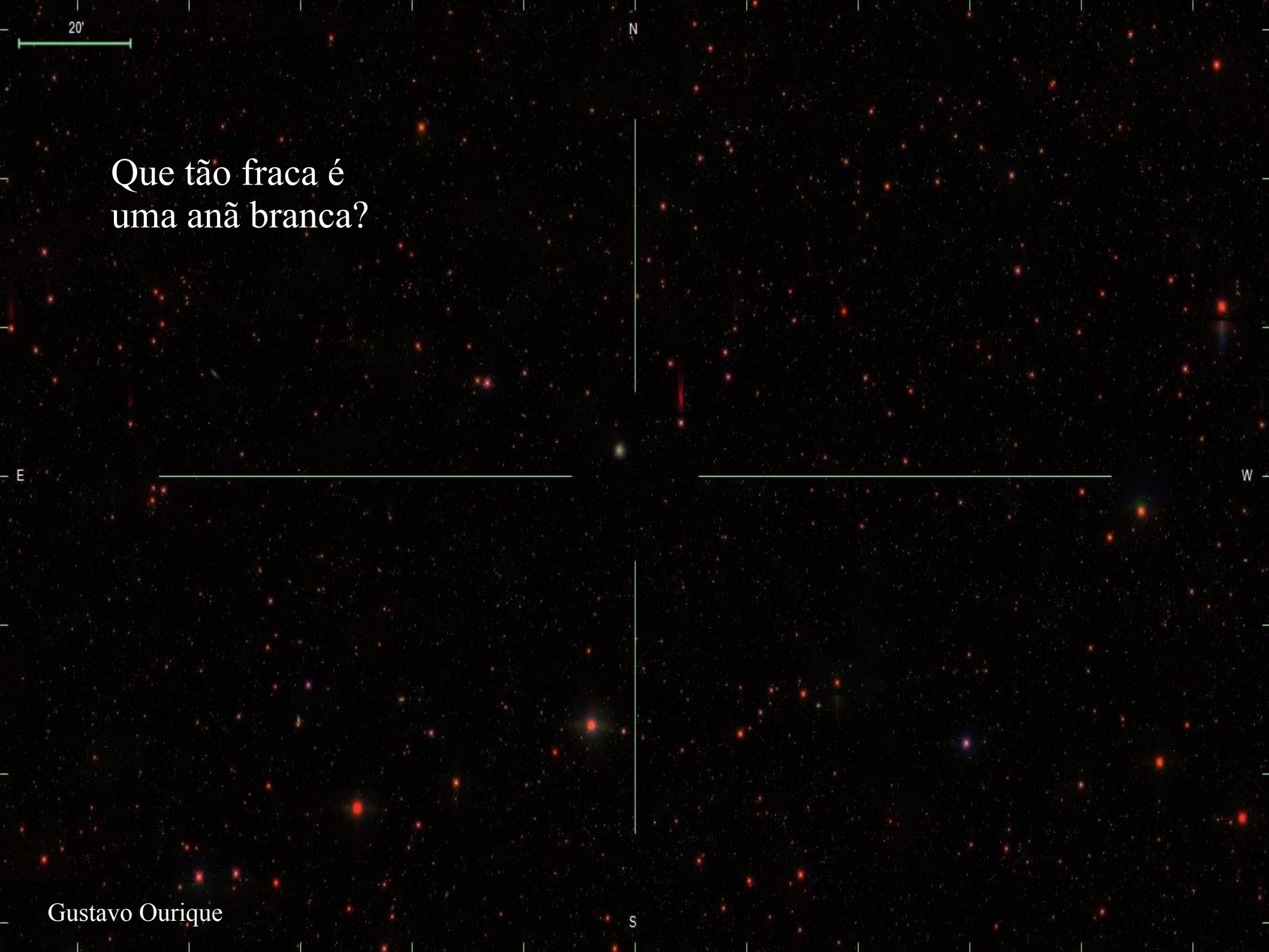
20'

N

Que tão fraca é
uma anã branca?

W

S





20'

N

W

S

Gustavo Ourique



5'

N

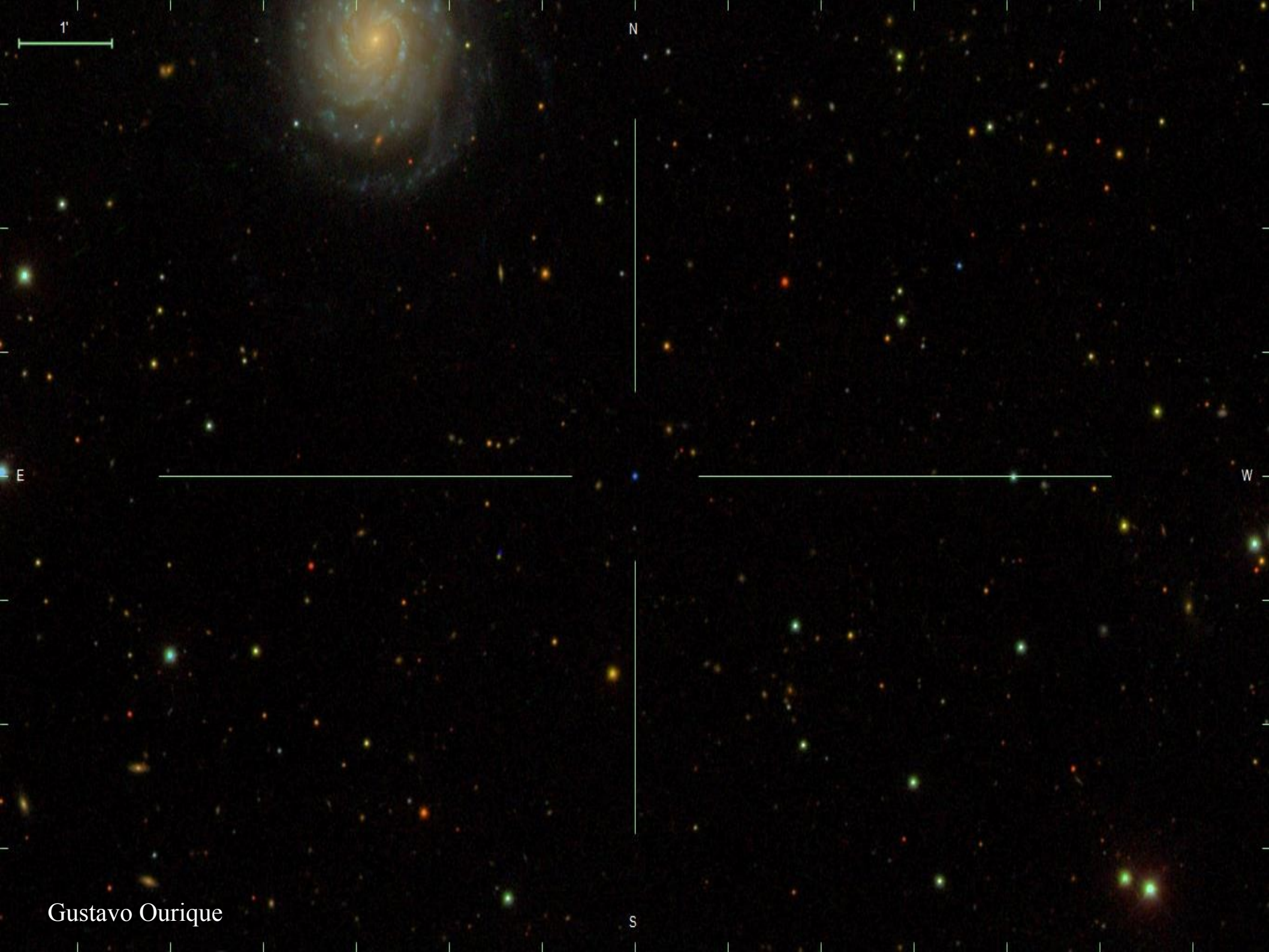
E

W

S

Gustavo Ourique





Gustavo Ourique



20"

N

W

S

Gustavo Ourique

20"

N

W

E

Anã branca (que na
verdade é azul!)

S

Estrelas anãs brancas

Final da vida das estrelas com massas $< 10 \pm 2 M_{\text{sol}}$.

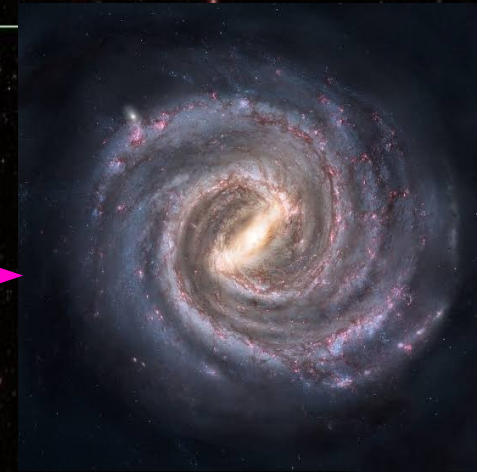
População de anãs brancas se utiliza para estudar a estrutura e evolução da Galáxia



A pressão é dominada pelo gás de elétrons degenerado (que não depende da temperatura);

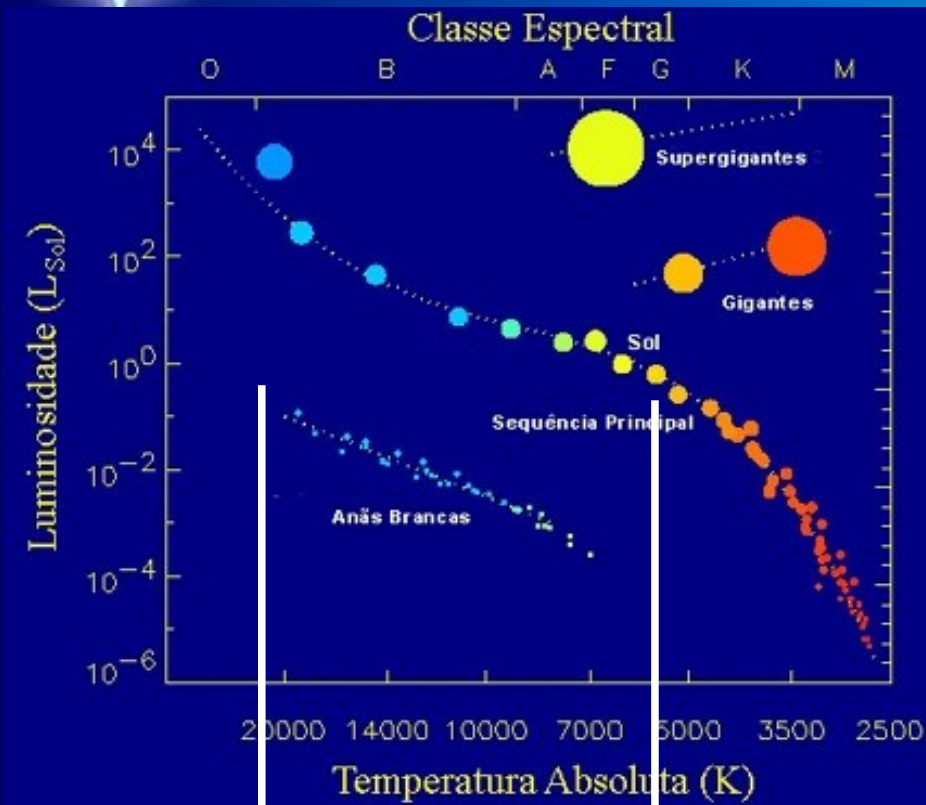
A estrutura térmica está dominada pelos íons não degenerados.

Estrelas anãs brancas



População de anãs brancas se utiliza para estudar a estrutura e evolução da Galáxia

Estrelas anãs brancas



- Luminosidade: 10^3 - $10^{-4,7} L_{\text{sol}}$
- $T_{\text{ef}} = 150\,000 - 2500\text{ K}$
- $M < 1.4 M_{\text{sol}}$
O objeto de maior massa observado tem $1.38 M_{\text{sol}}$
- $\log g = 6.5$ - 9.0 , $\log g_{\text{sol}} = 4,4$
 $\log g = 8$ corresponde a $0.6 M_{\text{sol}}$

$$g = \frac{GM}{R^2}$$



Tipos espectrais

Classificação a partir das linhas que aparecem nos espectros.

Tipo espectral	Características
DA	Somente linhas de H, nenhum HeI ou metais presentes
DB	Somente linhas de HeI, nenhum H ou metais presentes
DO	HeII forte, HeI e H podem estar presentes
DQ	linhas de carbono de qualquer tipo
DZ	Somente linhas metálicas
DS	Linhas de OI
DC	Espectro contínuo, sem linhas aparentes



85 % das anãs brancas são de tipo DA.

Do restante 15%, a maioria são de tipo DB.

Tipos espectrais

Classificação a partir das linhas que aparecem nos espectros.

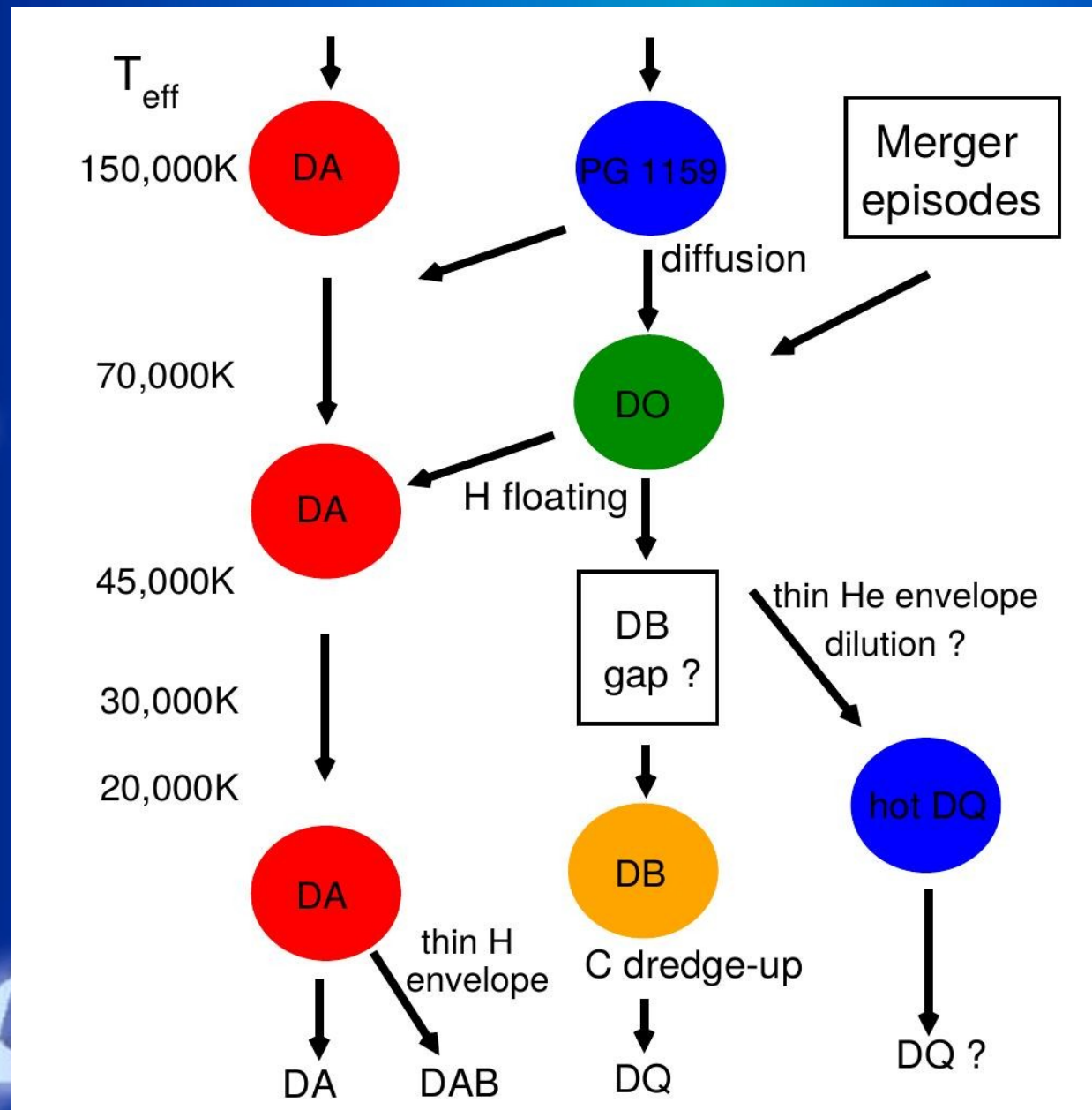
Tipo espectral	Características
DA	Somente linhas de H ou metais presentes
DB	Somente linhas de H ou metais presentes
DO	HeII forte, metais não estão presentes
DQ	linhas de H de qualquer tipo
DZ	linhas de H e metais
DS	linhas de H e metais
DC	contínuo, sem linhas aparentes

As linhas se formam na atmosfera da estrela, então esta classificação corresponde ao elemento que se encontra na atmosfera da anã branca

75% das anãs brancas são de tipo DA.

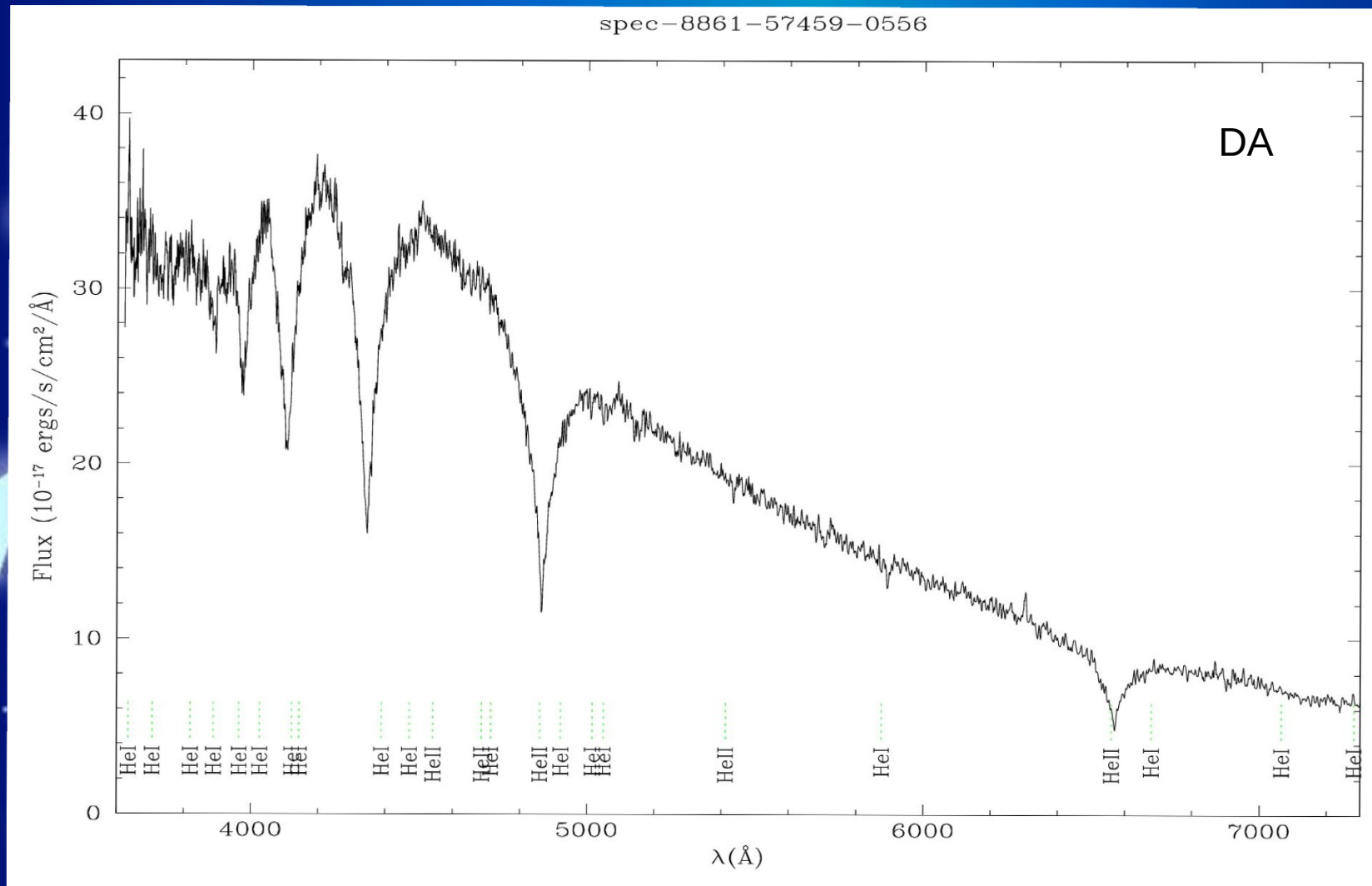
Do restante 15%, a maioria são de tipo DB.

Tipos espectrais

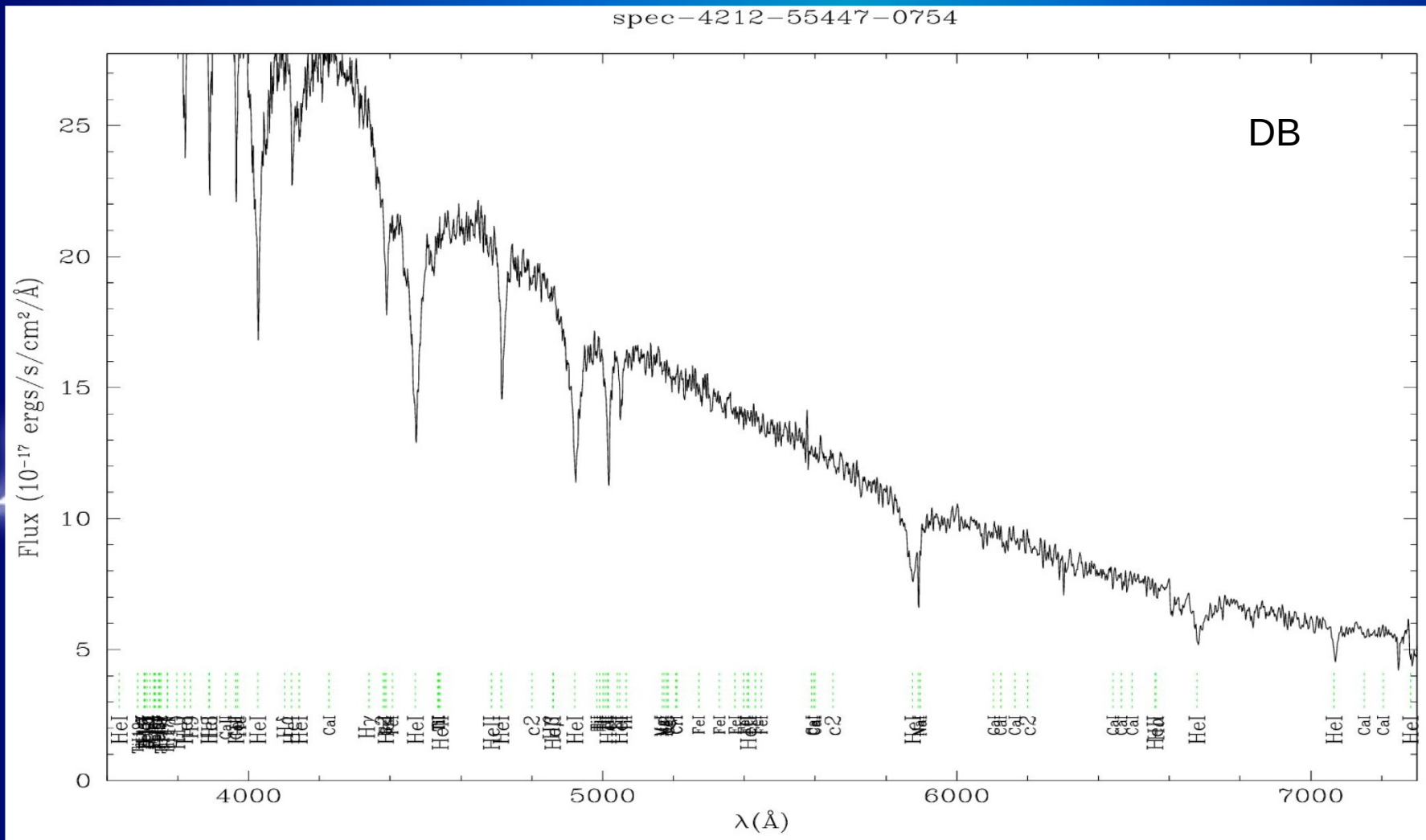


Tipos espectrais

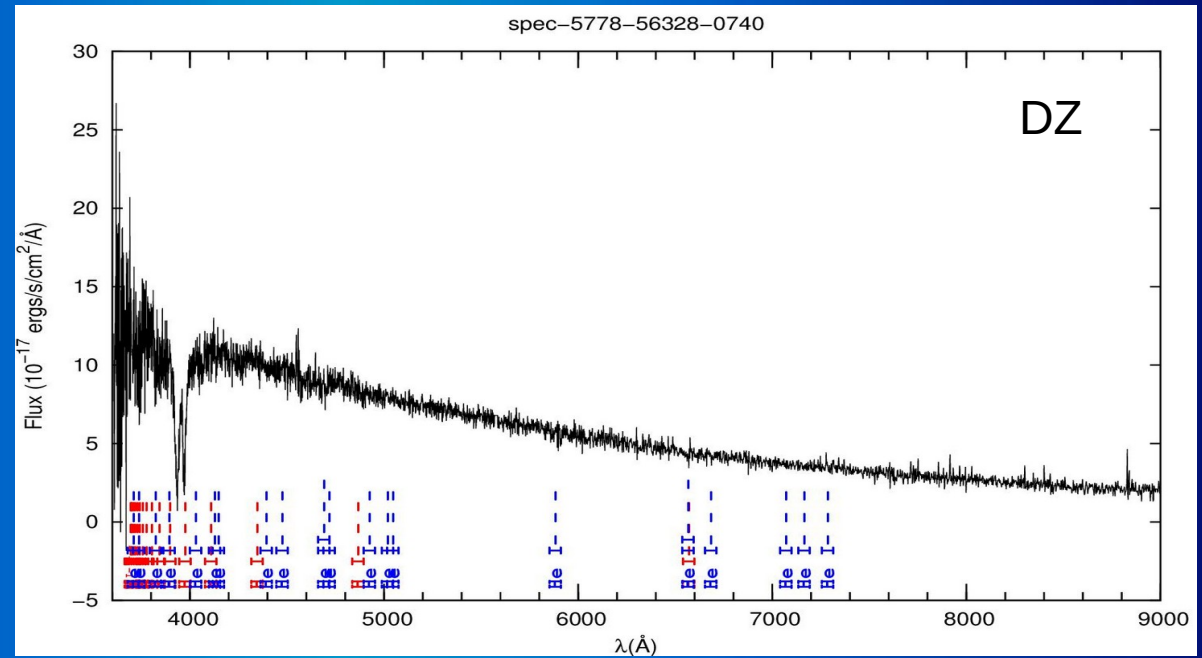
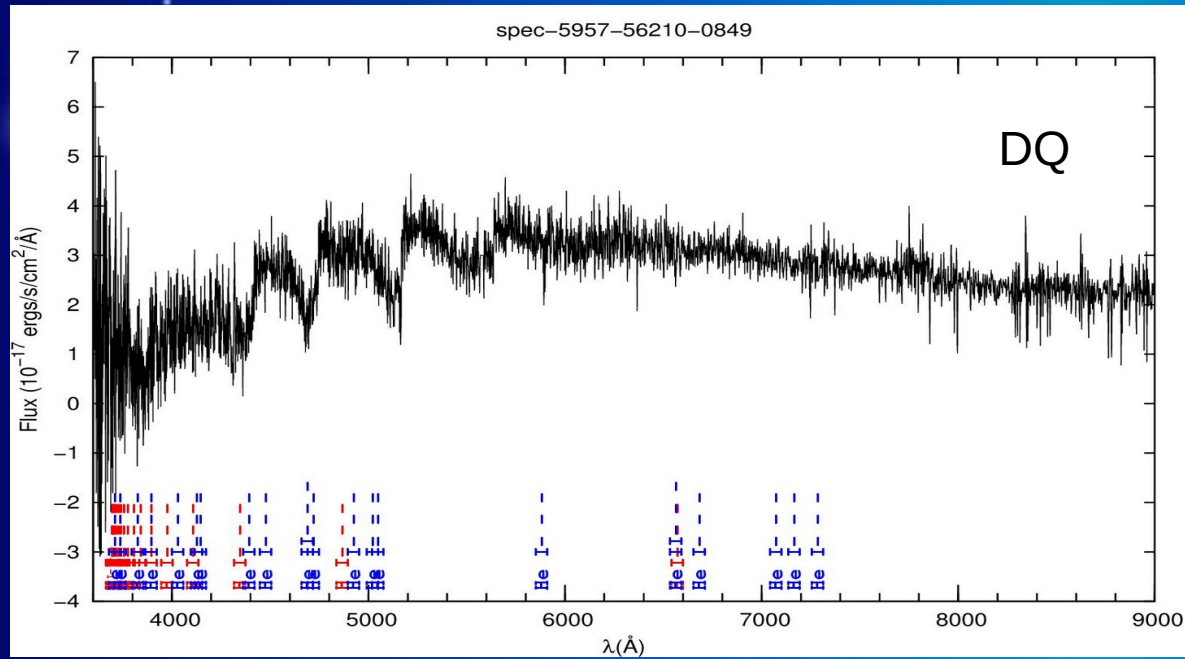
O tipo espectral mais comum é o DA (atmosfera dominada por hidrogênio)

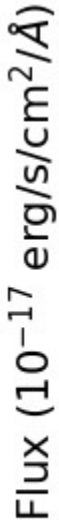


Das não-DAs, o tipo espectral DB é o (atmosfera dominada por hélio)



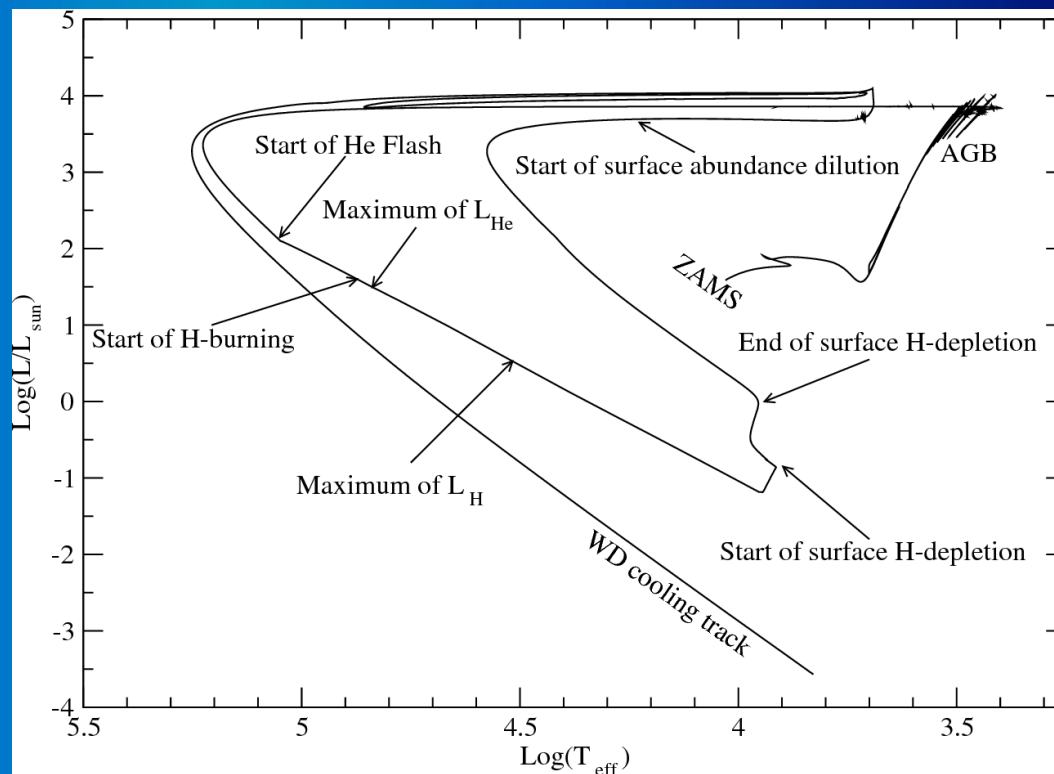
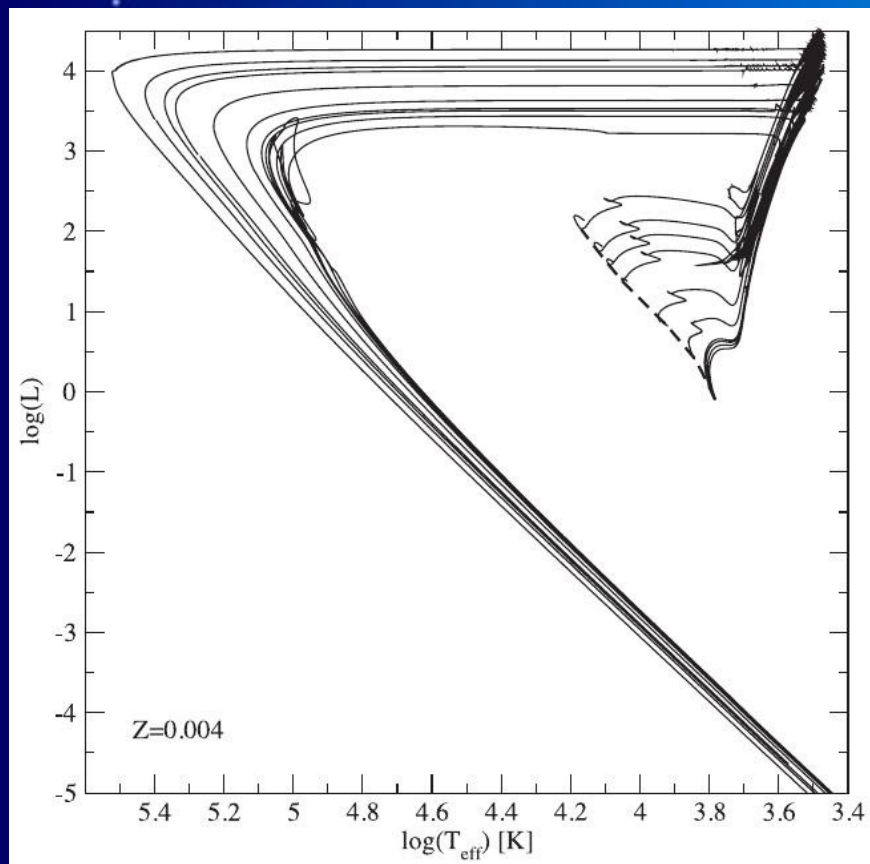
Tipos espectrais





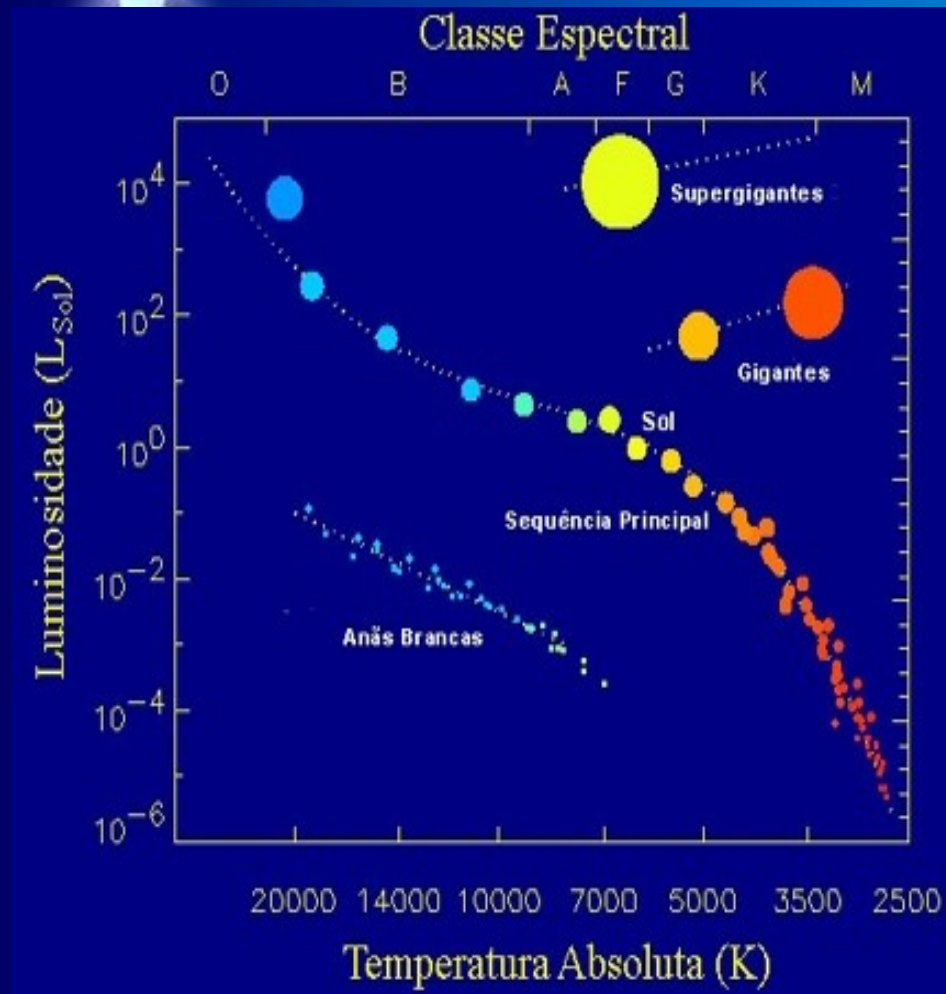
Possível origem das DAs e não-DAs

Evolução simples de
estrelas de massas baixas

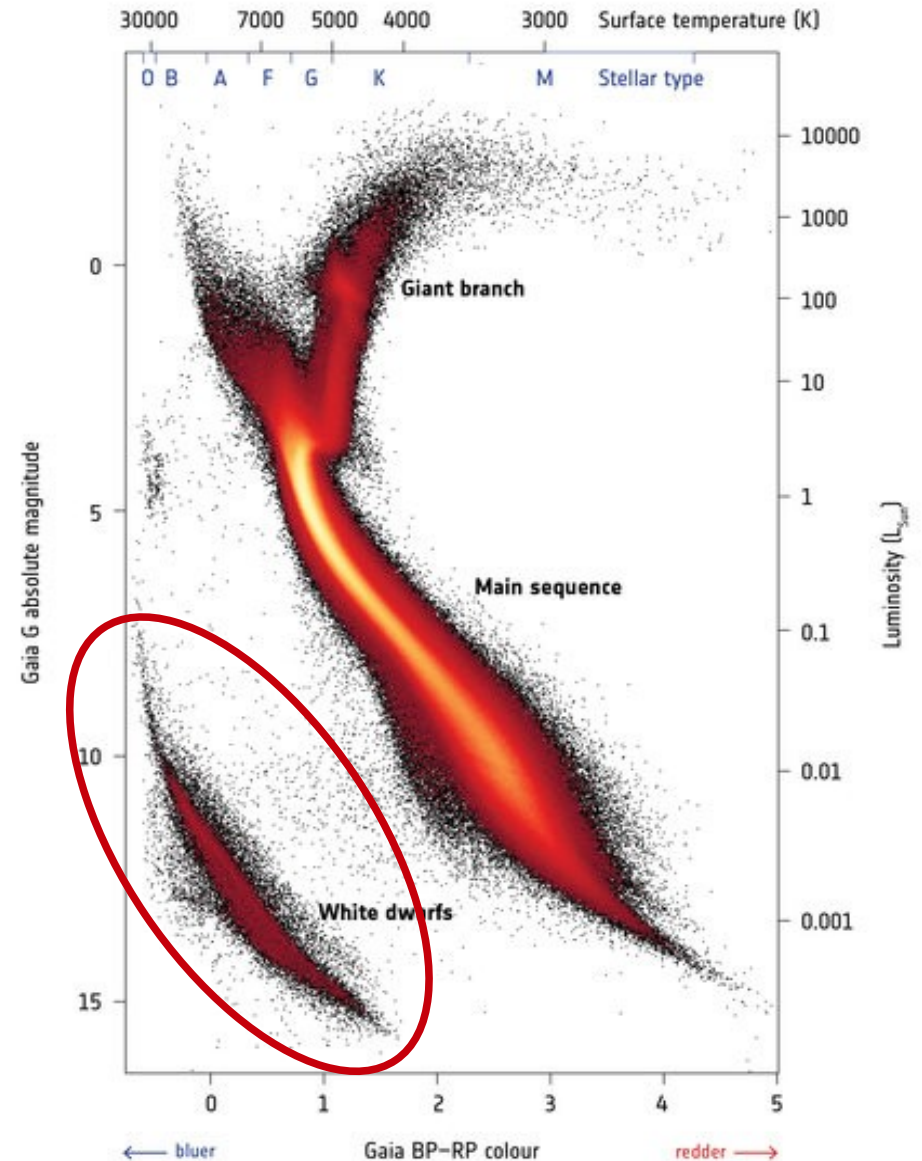


Evolução simples + *born again*
scenario.

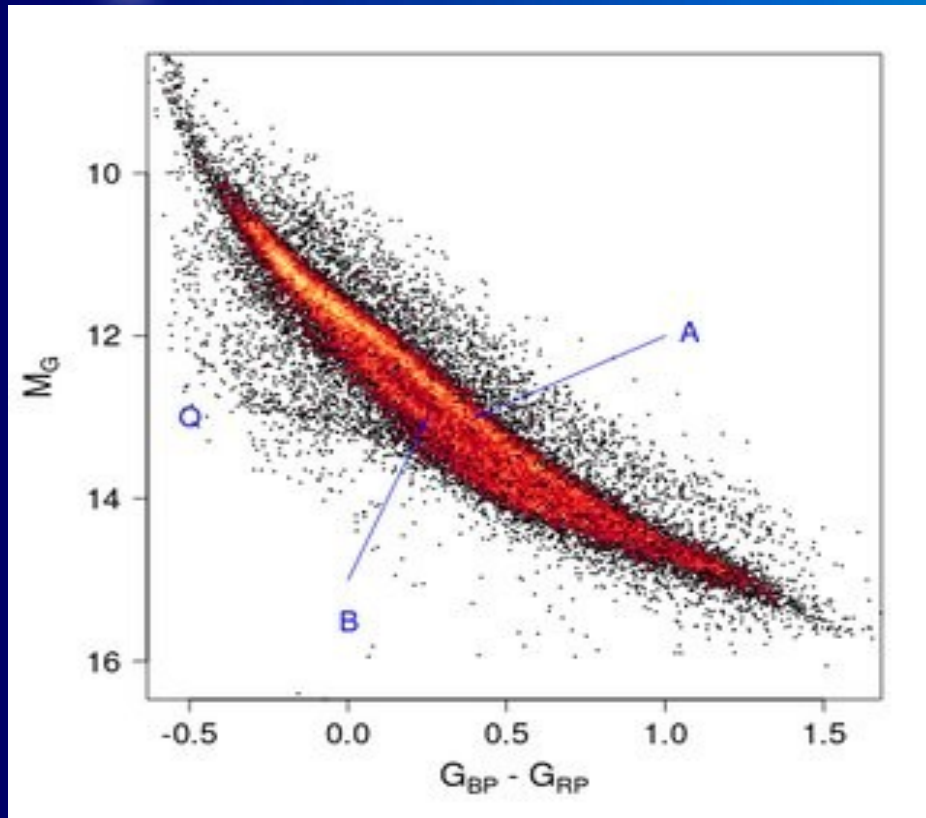
Anãs brancas no CMD



→ GAIA'S HERTZSPRUNG-RUSSELL DIAGRAM

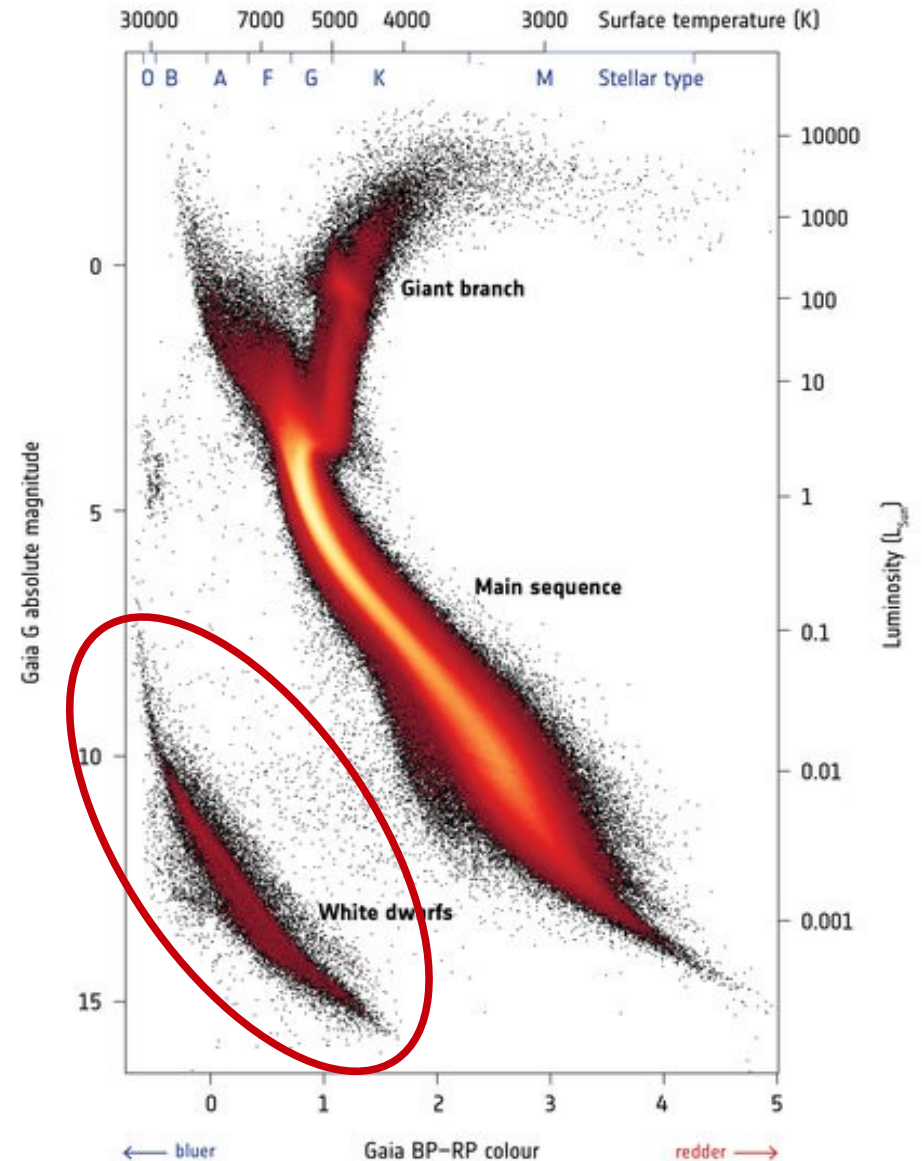


Anãs brancas no CMD

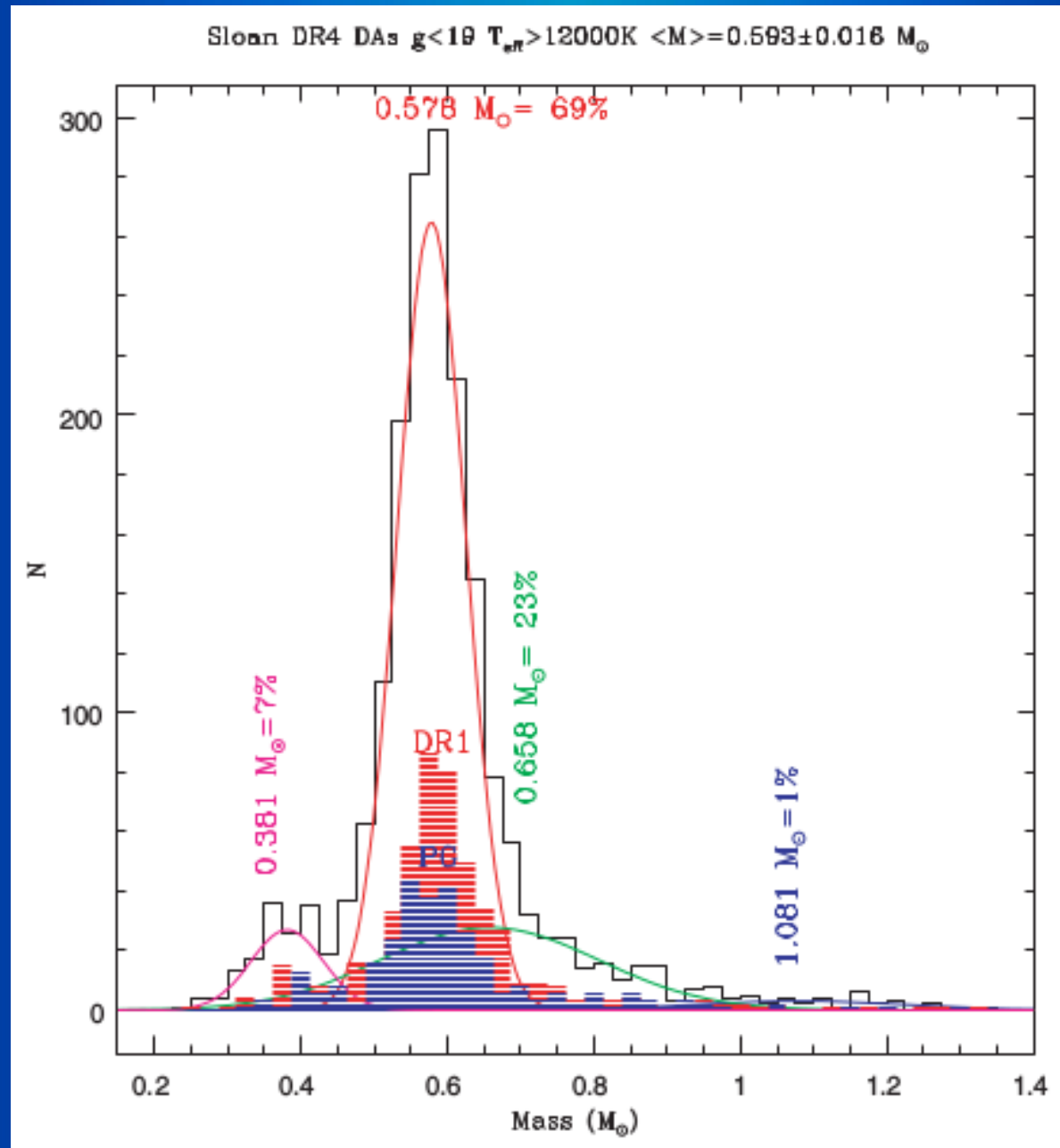


Contribuição de
estrelas de campo

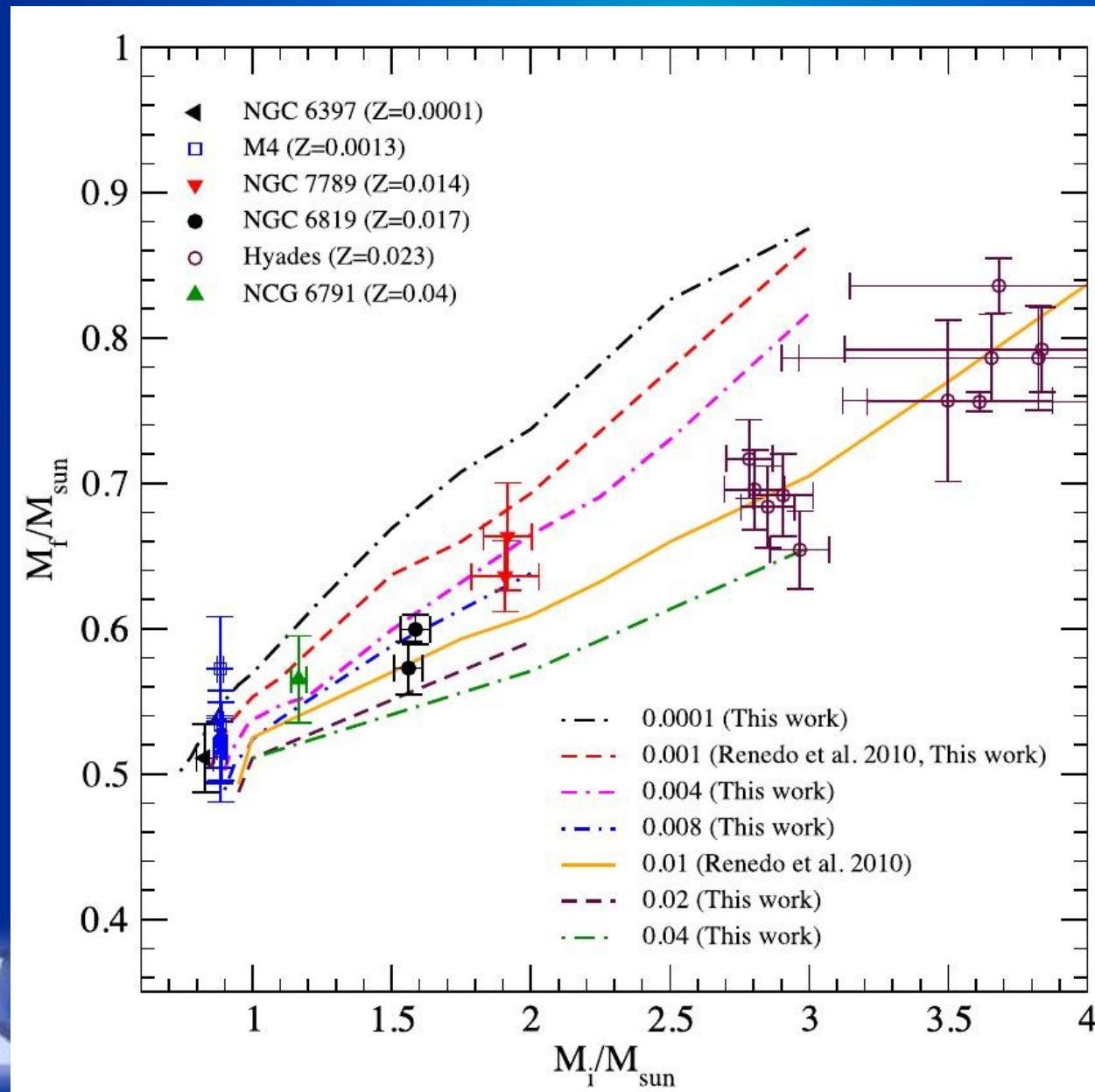
→ GAIA'S HERTZSPRUNG-RUSSELL DIAGRAM



Distribuição de massa



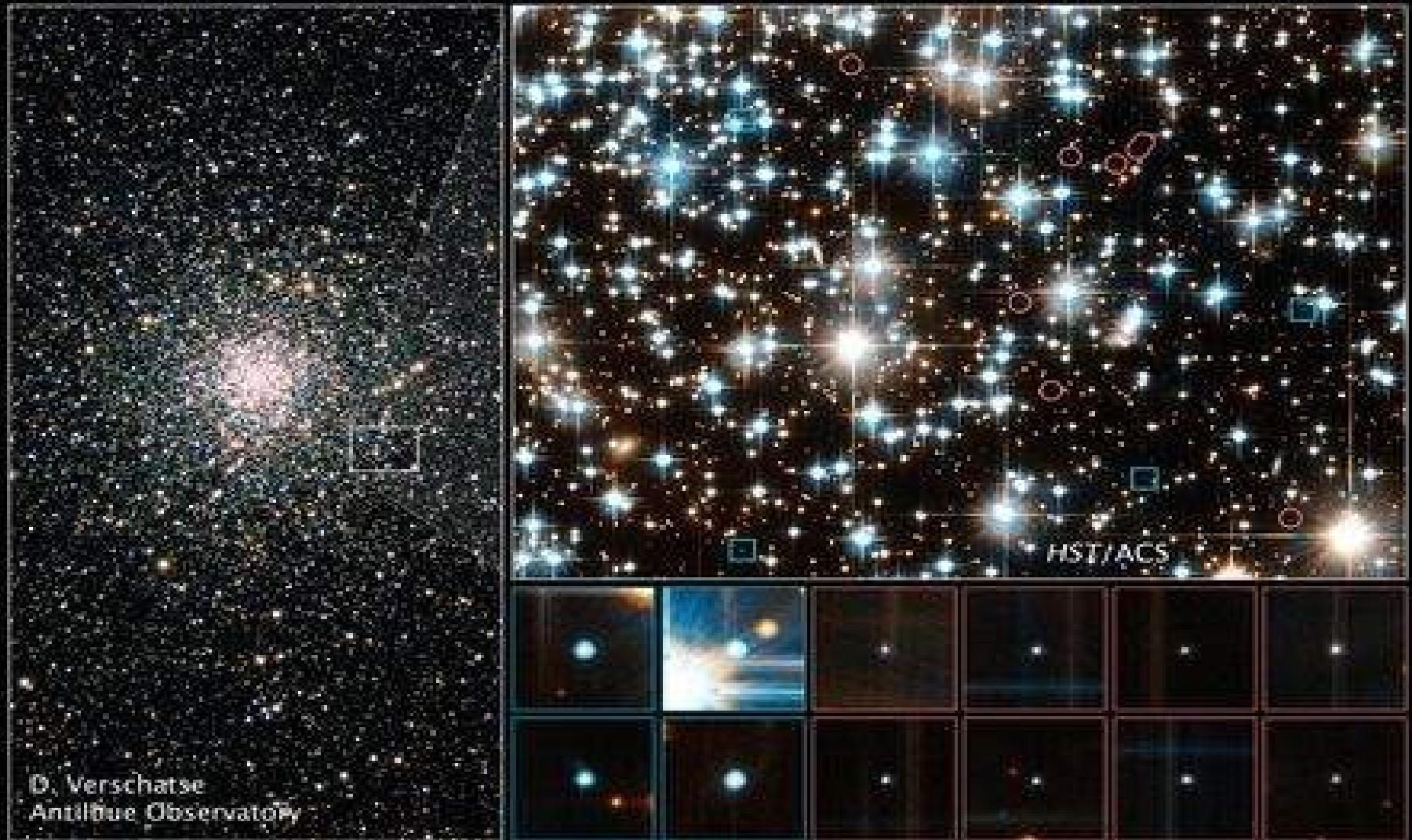
Relação Massa inicial – Massa final





Anãs brancas em Aglomerados

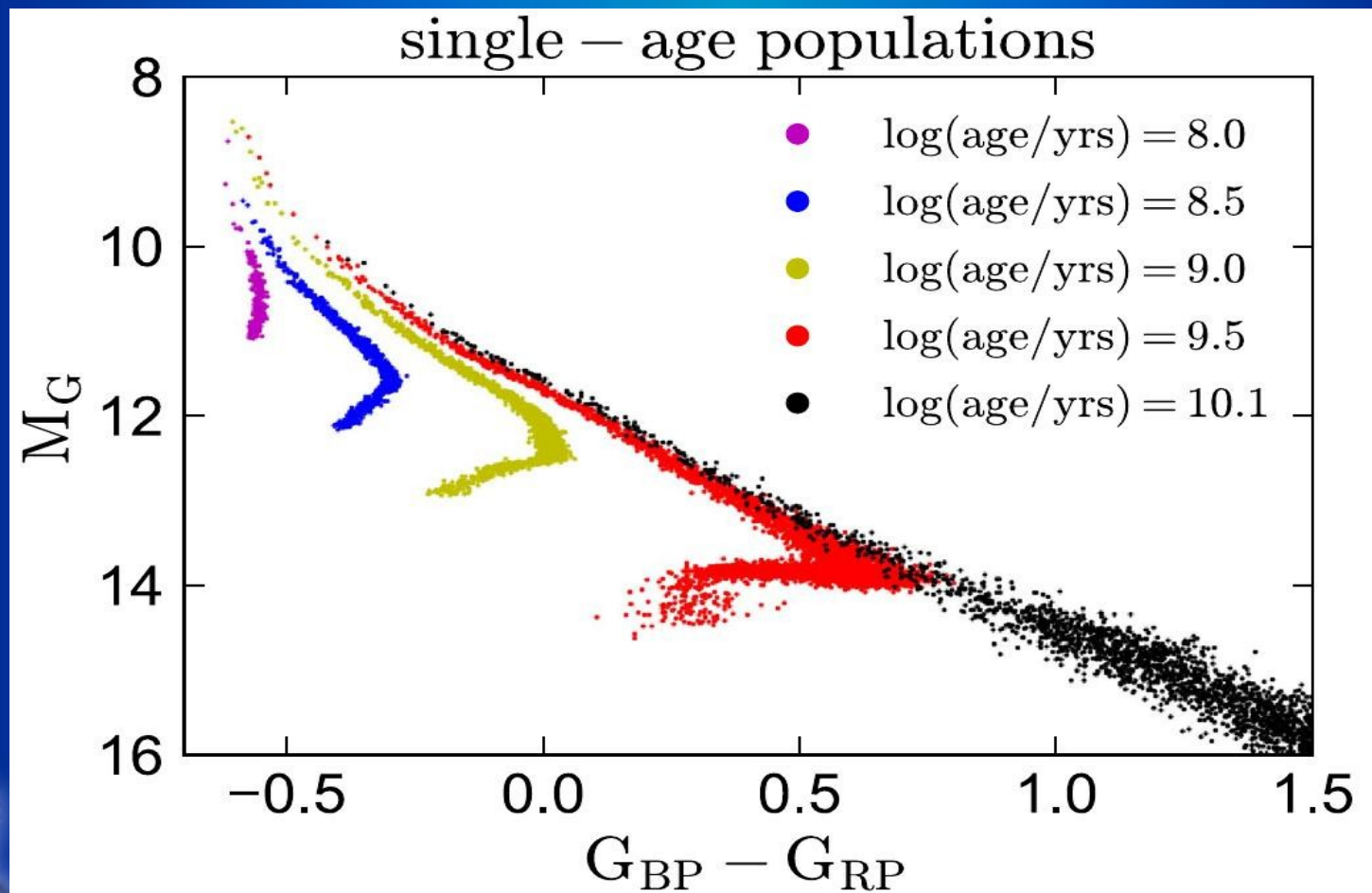
White Dwarf Stars in Globular Cluster NGC 6397 • Hubble Space Telescope ACS/WFC



NASA, ESA, and H. Richer (University of British Columbia) • STScI-PRC07-42

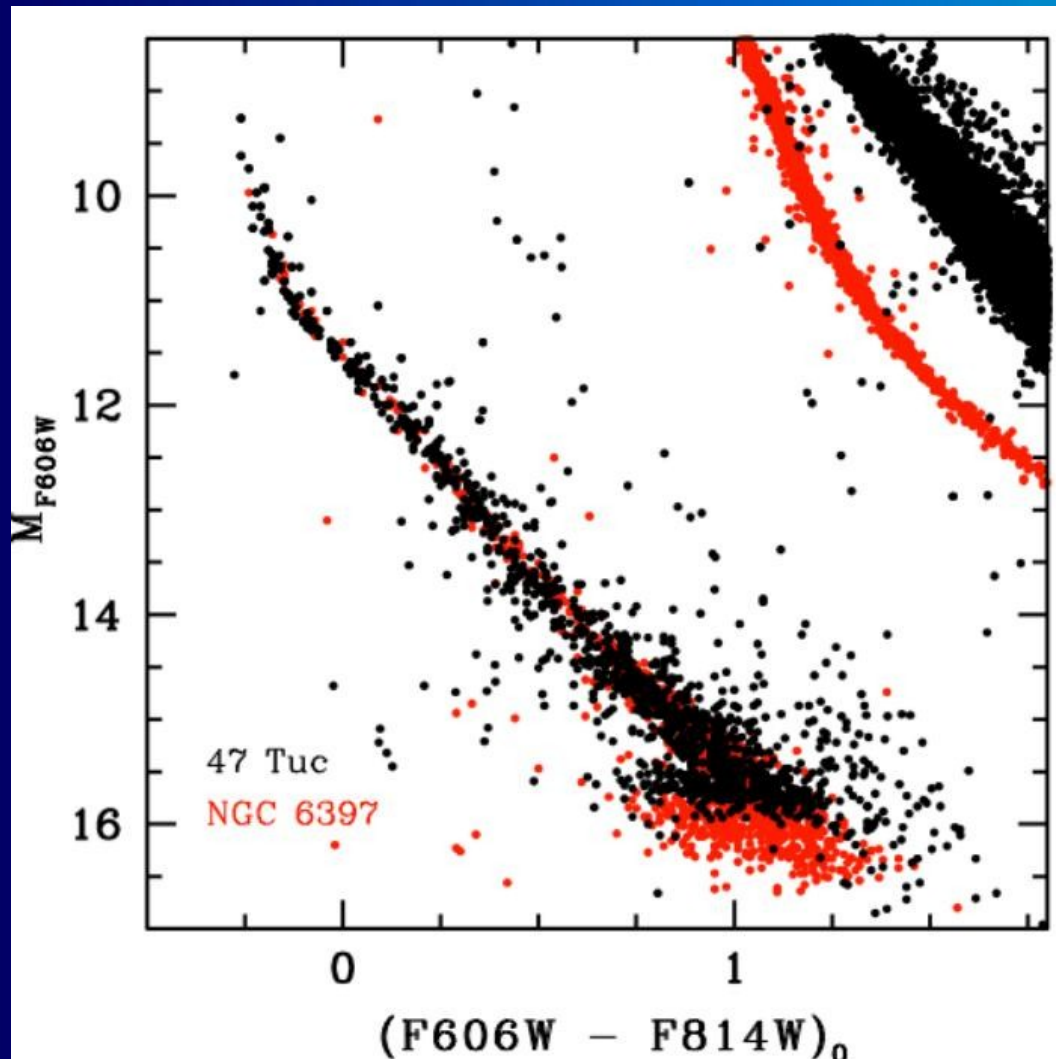
Anãs brancas como relógios cósmicos

As estrelas anãs brancas mais fracas são as mais velhas.
Se utilizam para medir a idade das populações estelares.

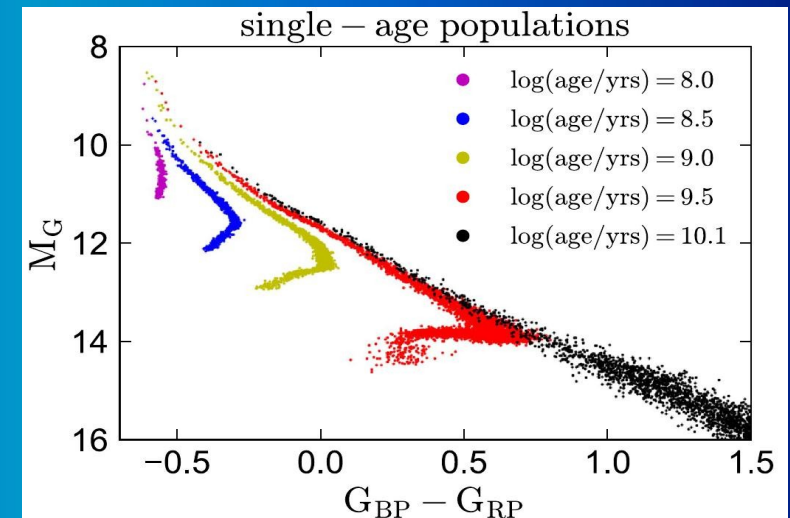


Anãs brancas como relógios cósmicos

As estrelas anãs brancas mais fracas são as mais velhas.
Se utilizam para medir a idade das populações estelares.



Harvey Richer

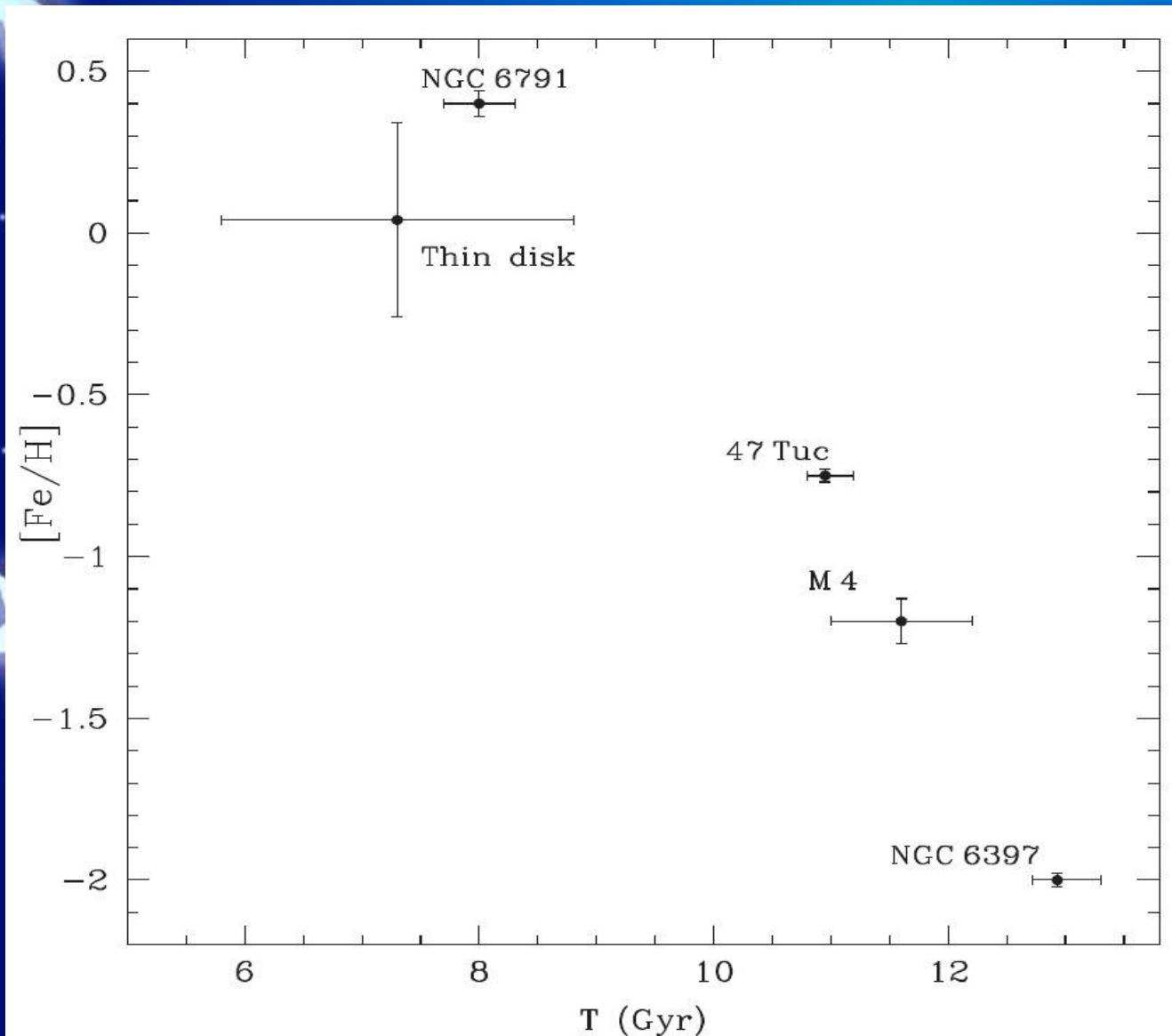


El-Badry et al. (2018)

Idades (Campos et al. 2016):
NGC 6397 - 12.93 Gyr
47 Tuc - 10.95 Gyr

Anãs brancas como relógios cósmicos

Idades de populações estelares em função da metalicidade



Campos et al. (2016)

Próxima aula

- Estrelas anãs brancas: modelos