



AGA0293 Astrofísica Estelar

Profa. Jane Gregorio-Hetem

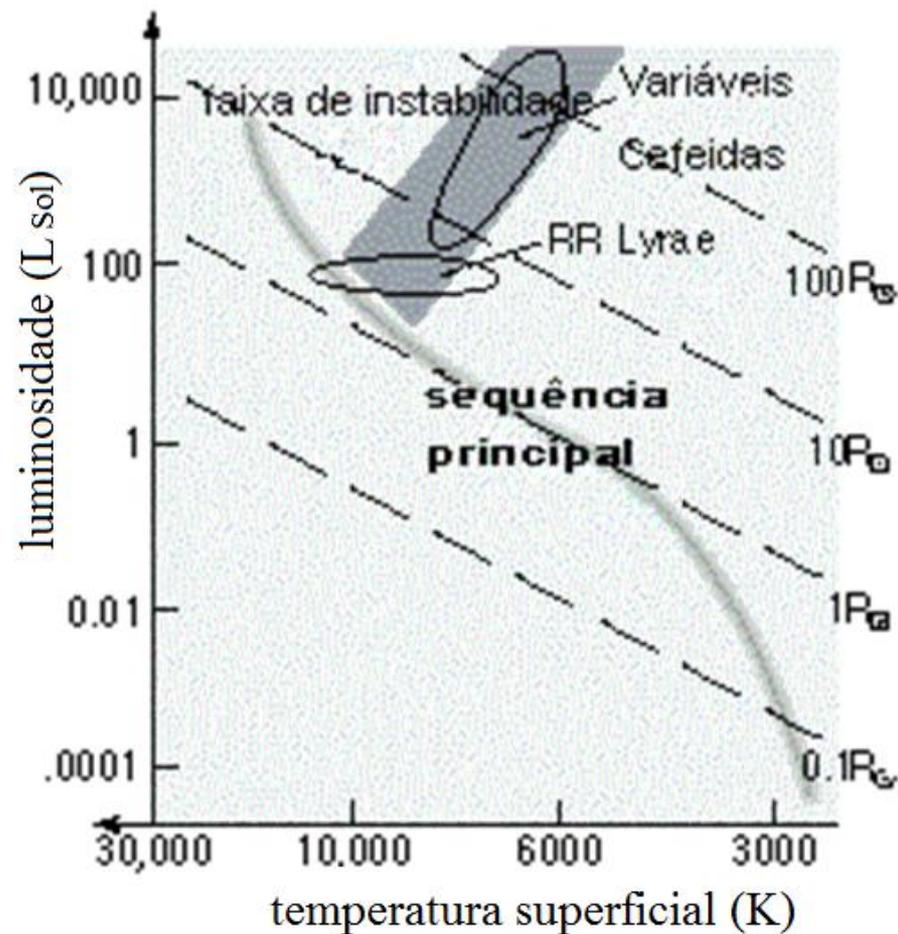
Capítulo 14

Estrelas Variáveis

- Estrelas Pulsantes: Cefeidas, RR Lyrae
- Relação Período-Luminosidade
- Escalas de distâncias
- Sistemas Binários: Algol, Variáveis Cataclísmicas

ESTRELAS PULSANTES

- Classe de estrelas com variabilidade intrínseca: são pulsantes e suas propriedades variam periodicamente.
- São estrelas normais, que em um dado período de sua vida são internamente instáveis.
- Luminosidade varia segundo uma relação bem definida.
- No diagrama H-R ocupam uma região peculiar chamada “*instability strip*” ou faixa de instabilidade.



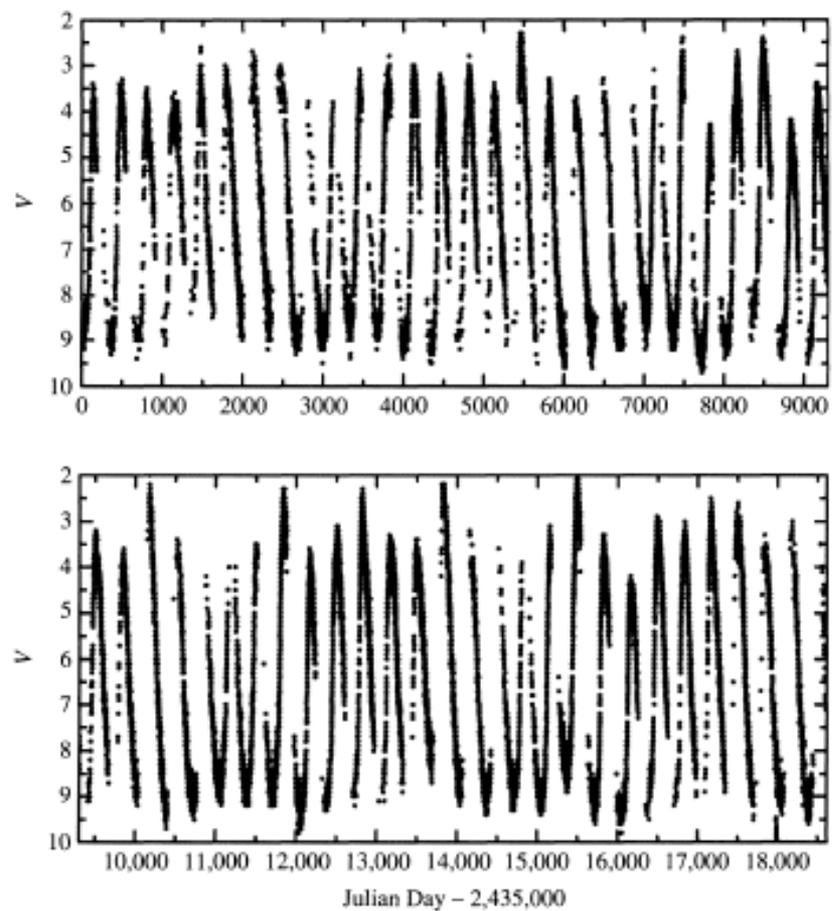
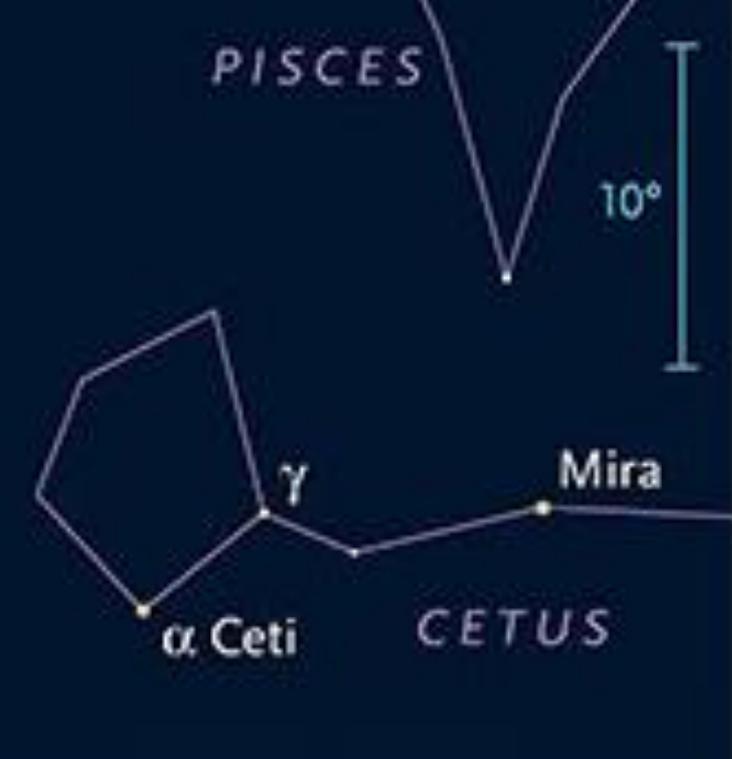


FIGURE 14.1 The light curve of Mira from September 14, 1954 (JD 2,435,000) through September 2005. Recall that magnitudes dimmer than 6 are undetectable to the unaided eye. (We acknowledge with thanks the variable-star observations from the AAVSO International Database contributed by observers worldwide.)

o Ceti (Mira) variável de longo período (100 a 700 dias) \rightarrow superfície expande e diminui com o tempo

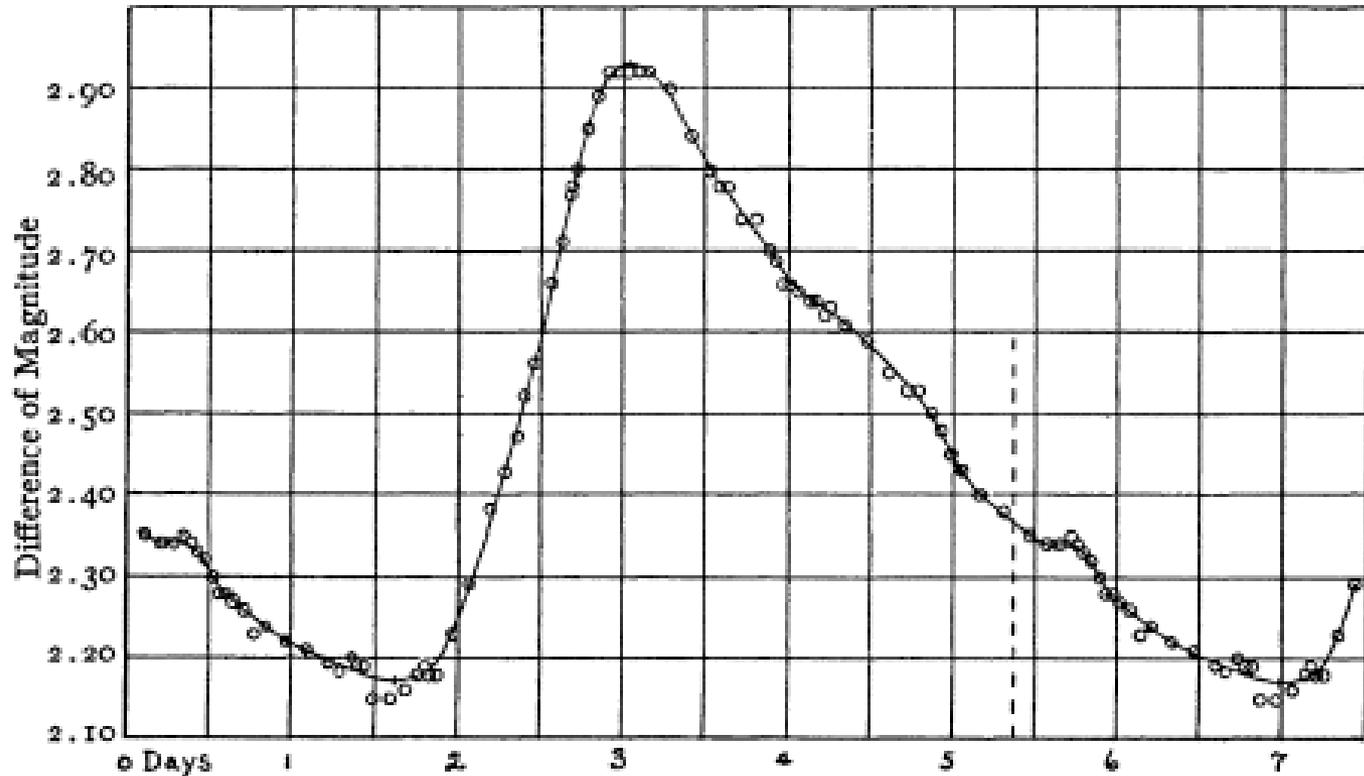


FIGURE 14.2 The light curve of δ Cephei. Its pulsation period is 5.37 days. (Figure from Stebbins, Joel, *Ap. J.*, 27, 188, 1908.)

Curva de luz de δ Cephei: uma estrela pulsante com período de ~ 5 dias

Relação *Período – Luminosidade* das Cefeidas

A variabilidade na luz observada em estrelas pulsantes → método para determinação de distâncias extragaláticas.

Cefeidas → período de pulsação diretamente associado à sua luminosidade.



Henrietta Leavitt

1868-1921

Henrietta Leavitt (*Harvard University*): 2400 Cefeidas com períodos entre 1 e 50 dias (maioria na SMC*) → graficou magnitudes vs. período de pulsação → muito boa correlação.

(*) Pequena Nuvem de Magalhães, uma das galáxias satélites da Via Láctea.

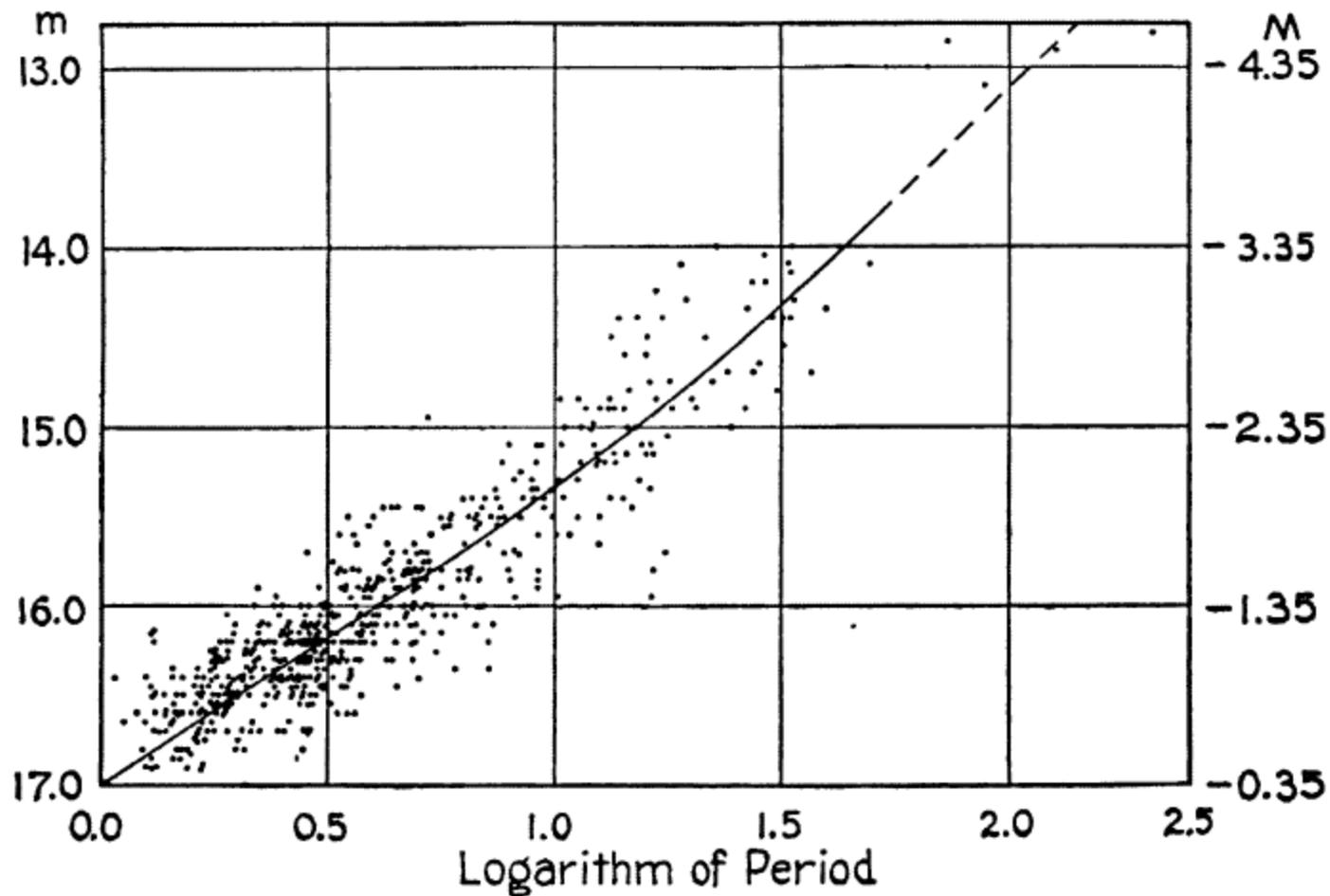
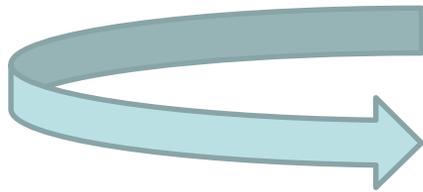


FIGURE 14.4 Classical Cepheids in the Small Magellanic Cloud, with the period in units of days. (Figure from Shapley, *Galaxies*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1961.)

CEFEIDAS, RR LYRAE

- importantes no estudo da determinação da dimensão da Galáxia e distâncias de outras galáxias.

curvas de luz têm forma característica.



Período: 0,5 a 1 dia p/ as RR Lyrae
1 a 100 dias p/ as Cefeidas

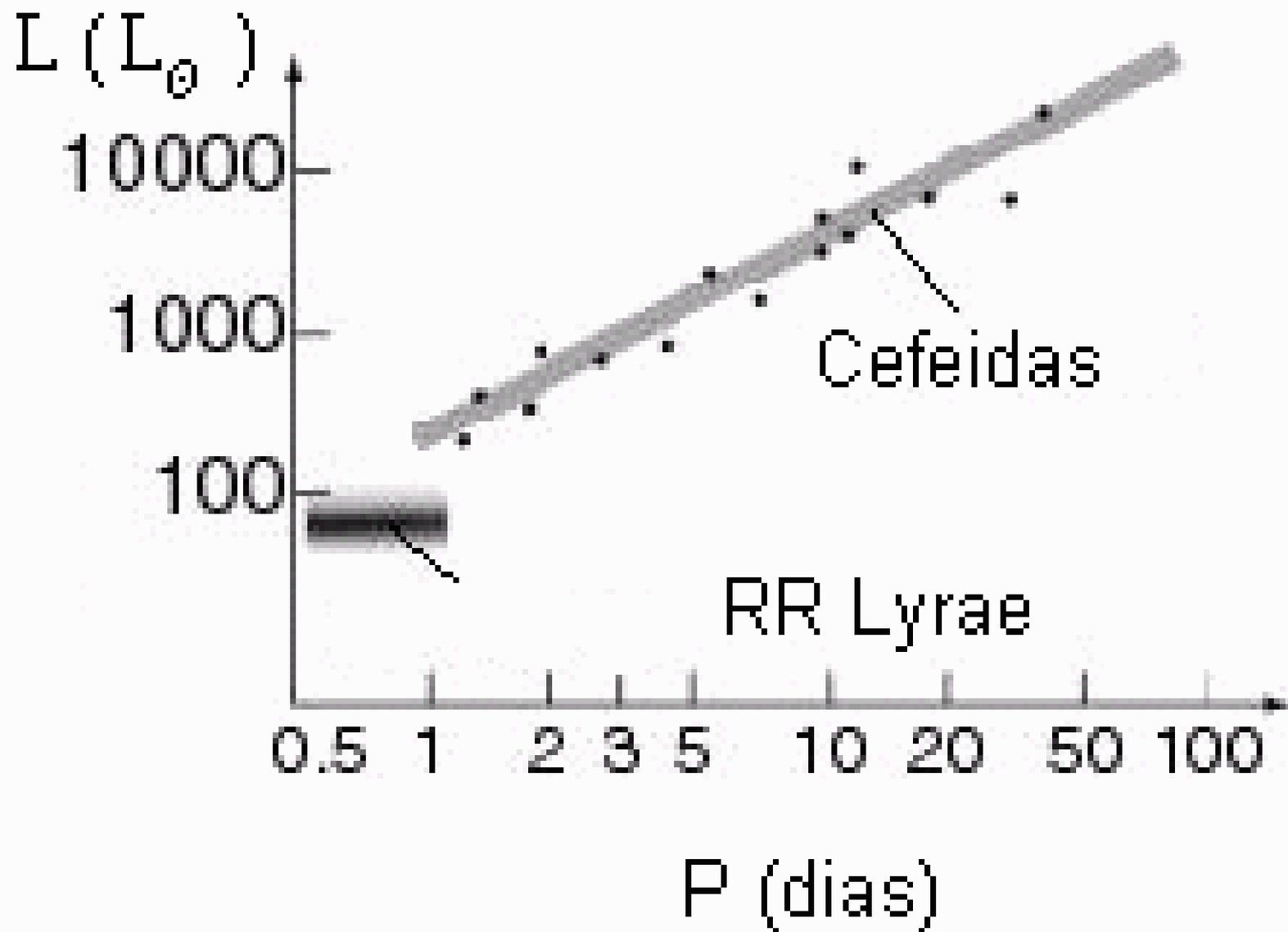
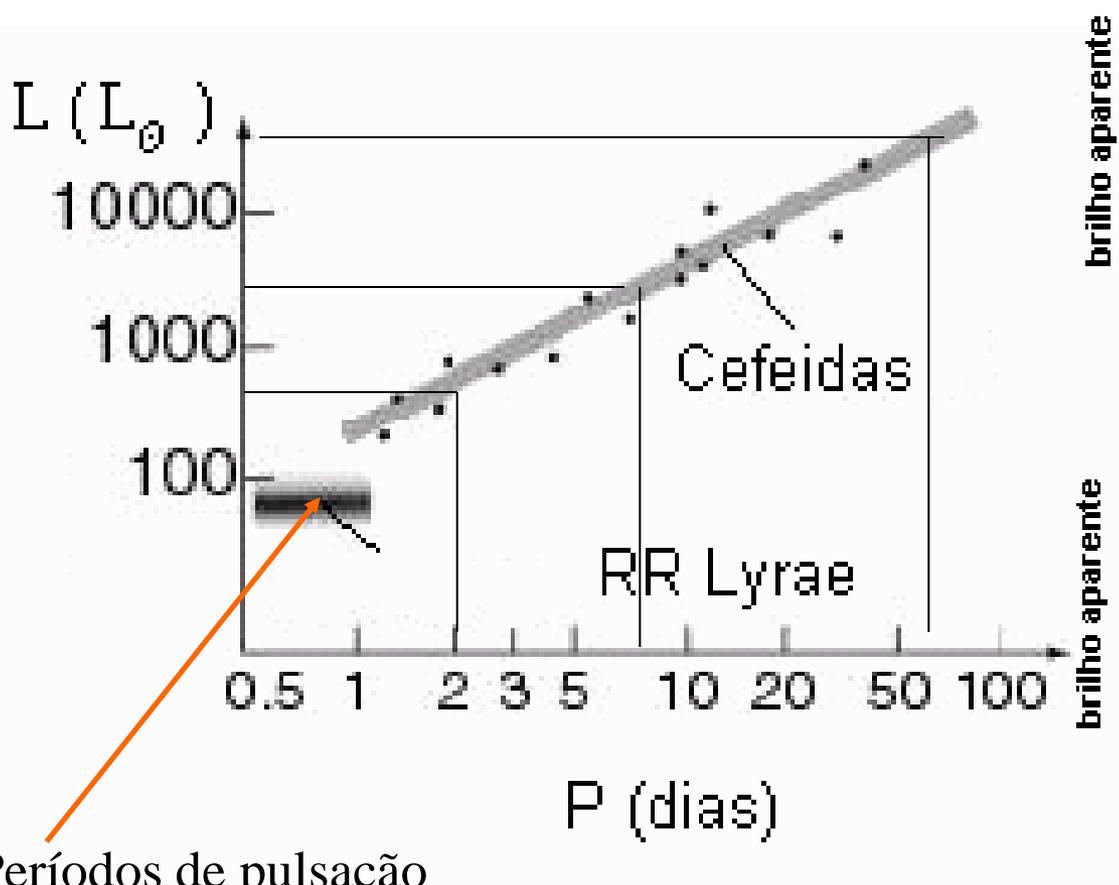
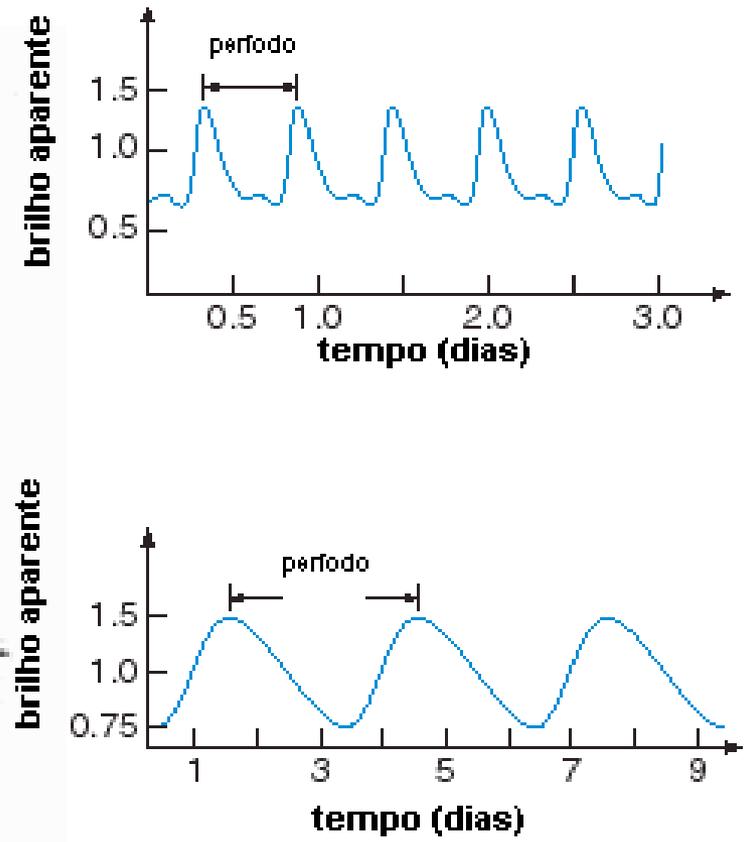


Gráfico do período de pulsação (P) vs luminosidade (L) para as Cefeidas, mostrando a boa correlação entre P e L.



Períodos de pulsação das estrelas variáveis RR Lyrae.



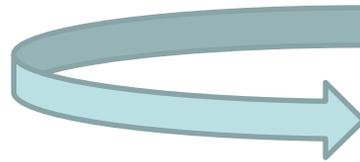
Determinação de distâncias

- Conhecendo-se a luminosidade das variáveis pulsantes, determina-se sua magnitude absoluta.
- A magnitude aparente é observada.
- Aplicação no módulo de distância

$$m-M = 5 \log d - 5$$

distância em parsec.

Para as RR Lyrae é mais simples: $L \sim \text{cte}$



$M_V \sim 0,6 \text{ mag}$

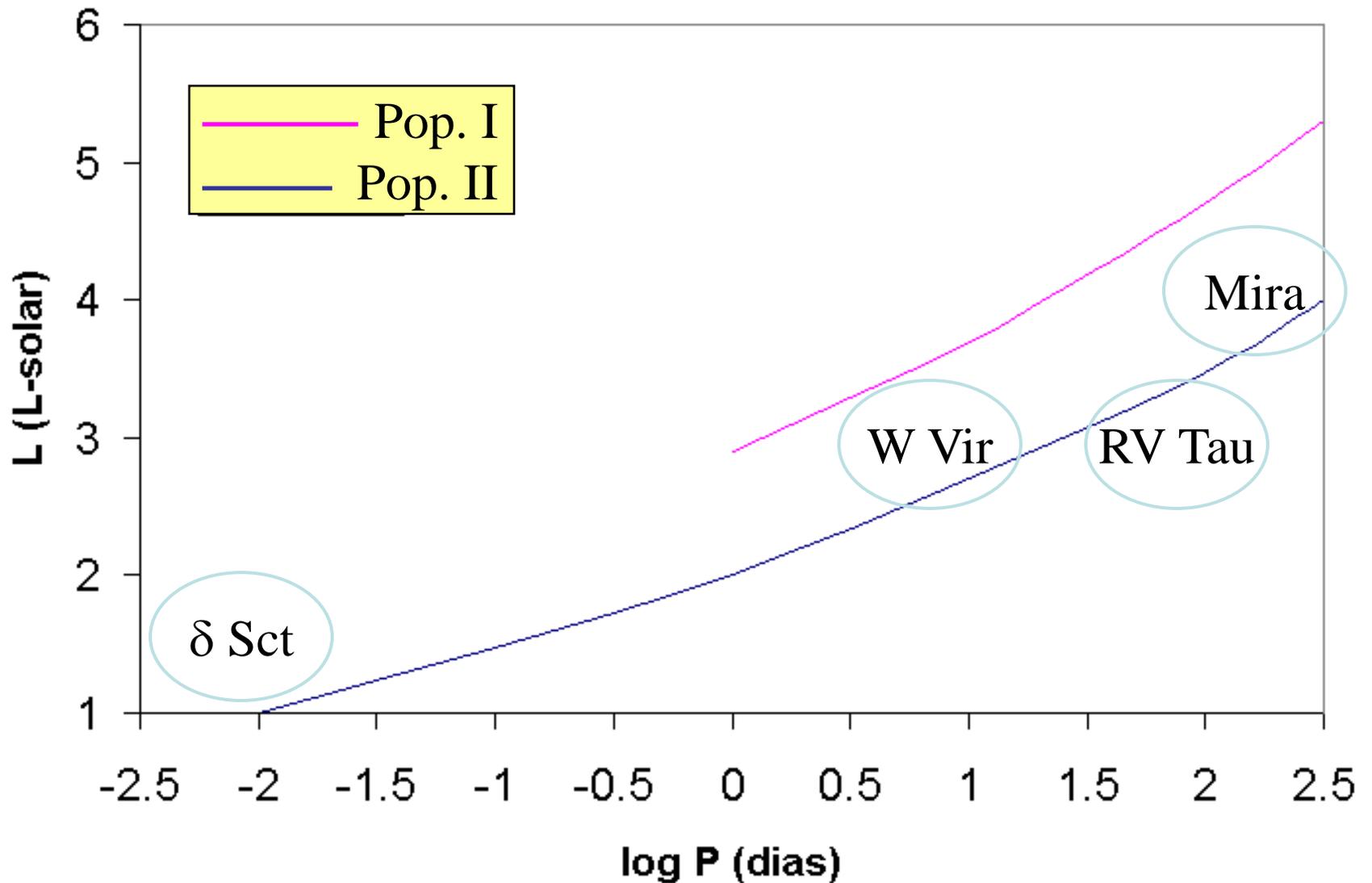
Relação Período-Luminosidade (cont.)

Para as Cefeidas: L é função do período em que ocorre a variabilidade:

⇒ Relação Período-Luminosidade:

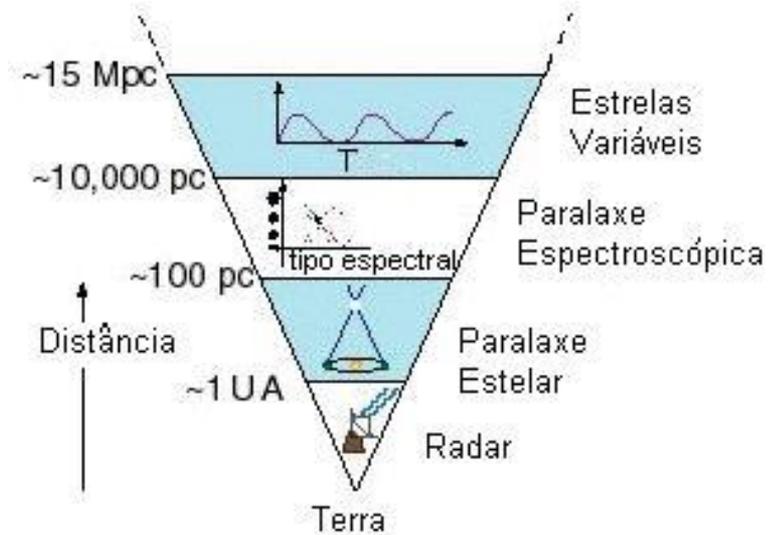
- Variações mais rápidas ⇒ menores luminosidades.
- Longos períodos ⇒ maiores luminosidades.

Relação P-L para as Cefeidas



Limitações na determinação das distâncias

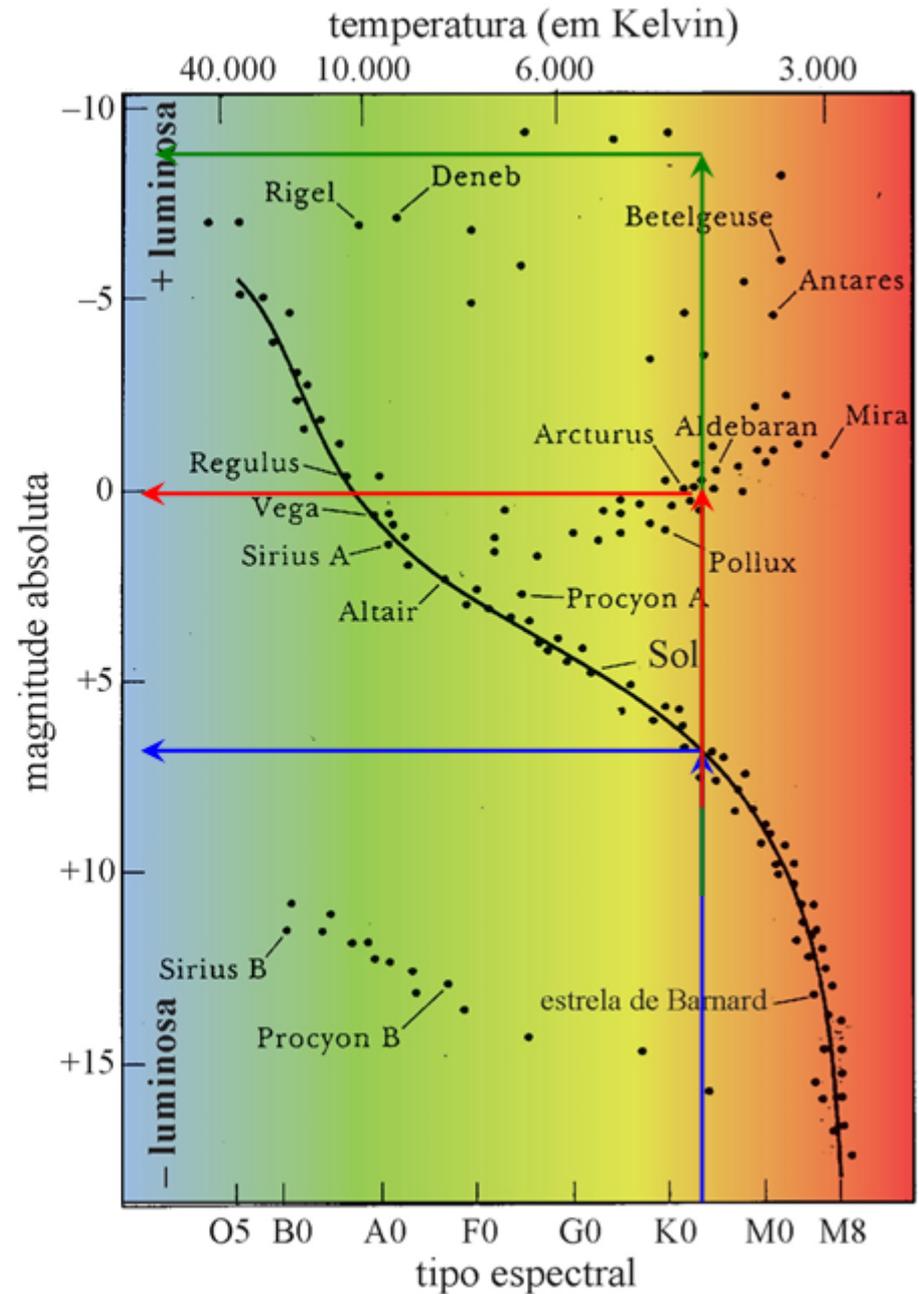
- As Cefeidas têm magnitudes médias intrínsecas de $M_V = 0$ a -5 , sendo portanto muito mais brilhantes que as RR Lyrae ($M_V \sim 0.6$).
- Cefeidas podem ser identificadas em distâncias maiores* que as RR Lyrae.



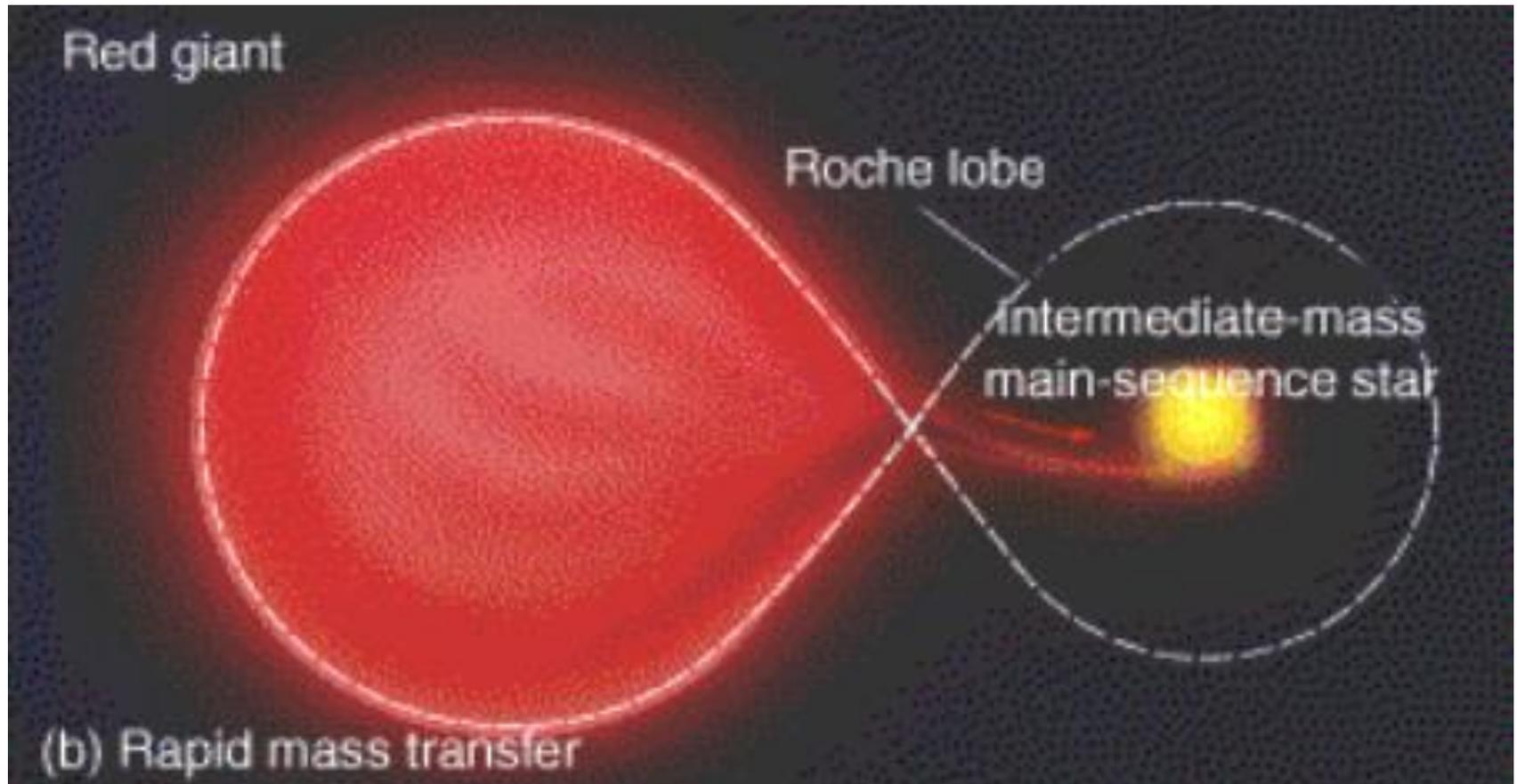
(*) até ~15 Mpc

Paralaxe espectroscópica

- Usando apenas o tipo espectral há uma ambiguidade.
- Mesmo tipo espectral, mas magnitudes absolutas diferentes!
- É necessário distinguir as classes de luminosidade.

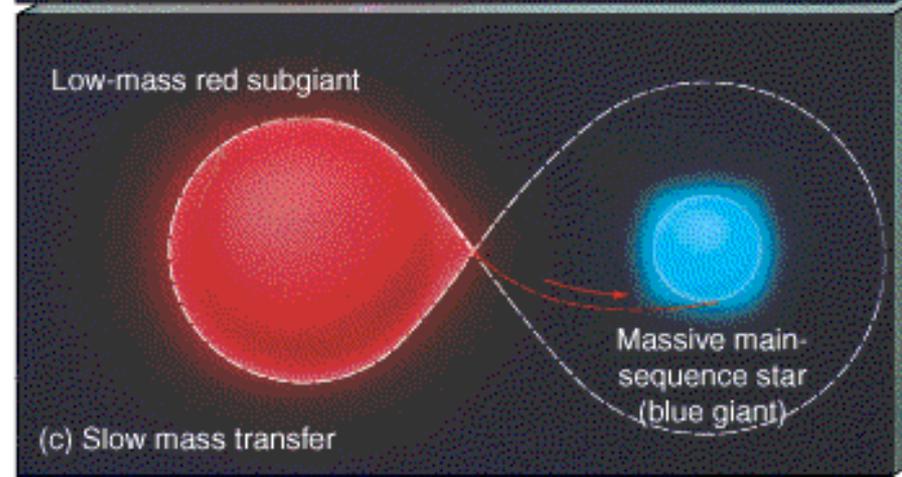
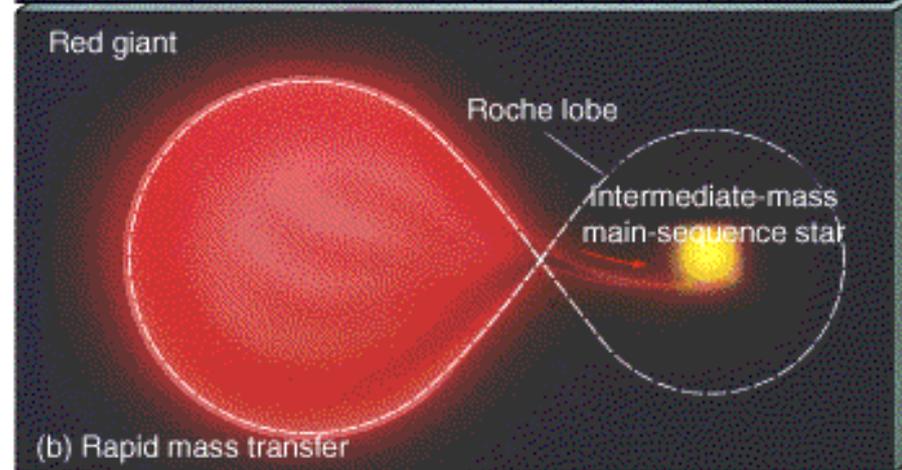
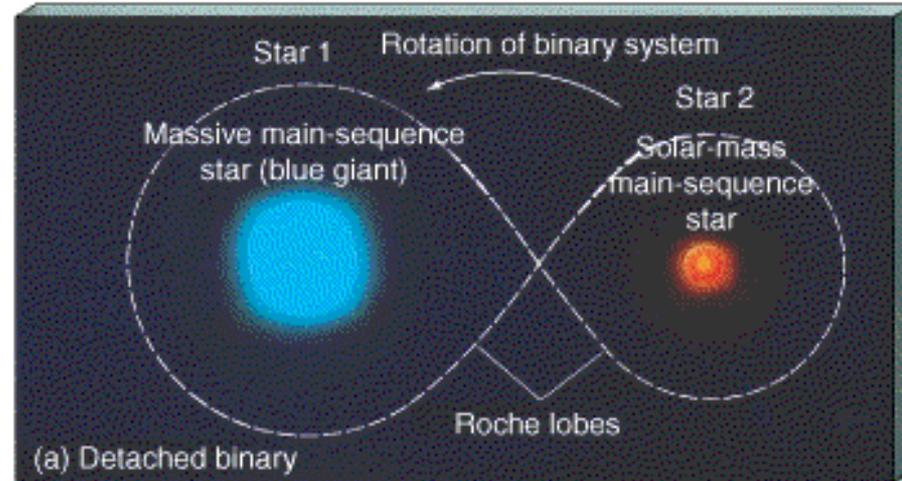


Evolução dos Sistemas Binários



Lobo de Roche: região definida considerando-se a gravidade efetiva em vários pontos.

- Resulta da combinação das atrações gravitacionais reais e da força centrípeta dos movimentos orbitais.
- No ponto de **Lagrange** a gravidade efetiva é zero.



Algol (ou β Persei)

- Sistema binário eclipsante com um período de ~ 3 dias.
- Componente $\star 1$: subgigante de tipo espectral G5, com $0.8M_{\odot}$.
- Componente $\star 2$: estrela da sequência principal, de tipo espectral B8, com $3.7 M_{\odot}$.

$\star 1$ (menor massa) evoluiu mais rapidamente??

Binária com transferência de massa

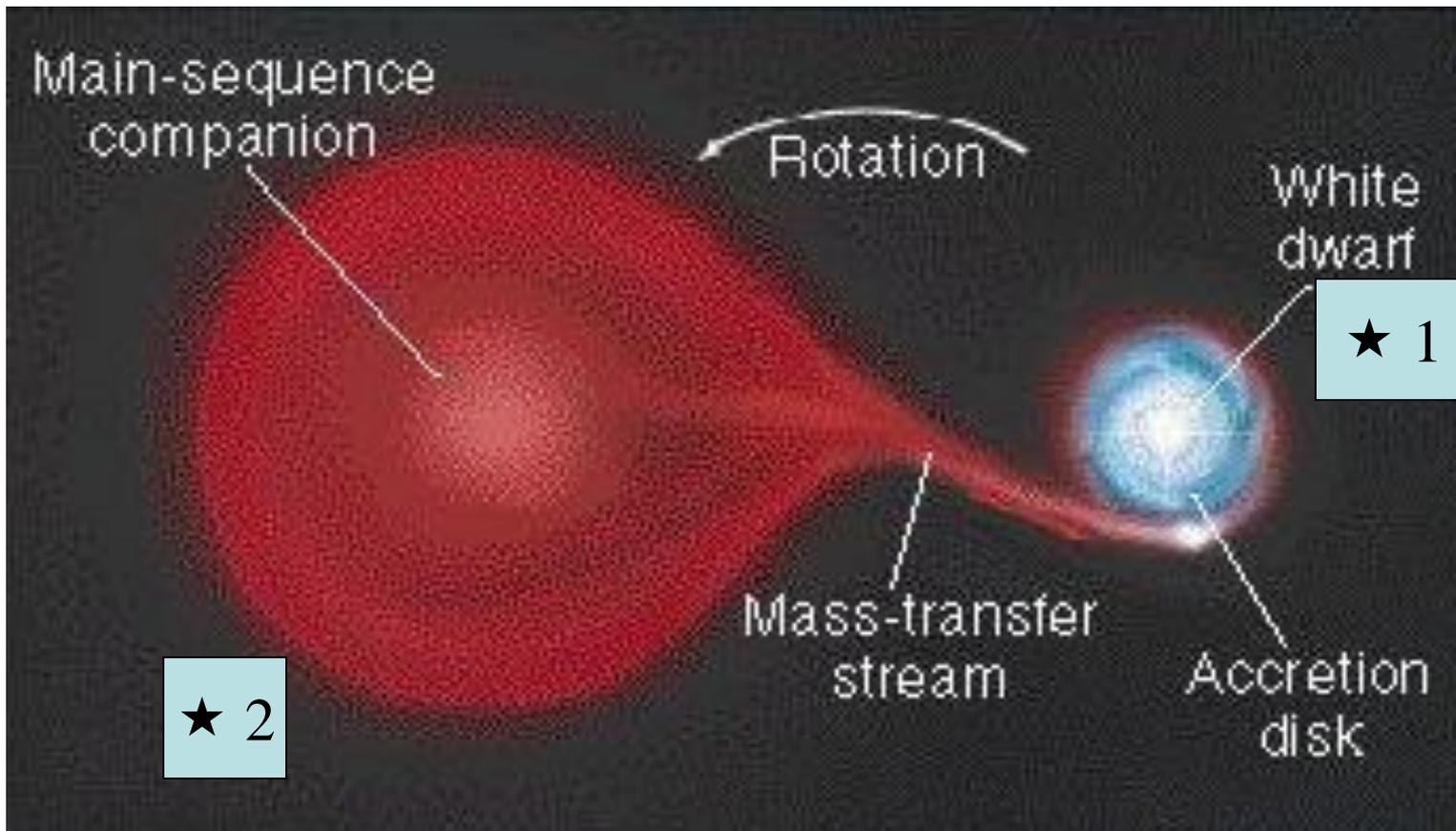
- Originalmente: ★2 tinha $1.5 M_{\odot}$ e ★1 tinha $3M_{\odot}$. No “ponto de Lagrange” (L1) a força gravitacional de ★1 era igual a de ★2.
- Quando ★1 começou a seguir para o ramo das gigantes vermelhas, o seu envoltório atingiu L1, começando então a transferir sua massa para a ★2.
- Em alguns casos a ★1 pode transferir tanta massa para a ★2, que esta se torna a mais massiva das duas.
Este é o caso de Algol.

Variáveis Cataclísmicas

★ 1: anã branca. ★ 2: sequência principal.

Quando ★ 2 começa a evoluir para o ramo das gigantes vermelhas

- ejeta massa para a superfície de ★ 1;
- massa é acumulada na superfície quente da anã branca;



- a radiação fica confinada, temperatura chega a $T \sim 10^7$ K.
- *Flash* do He \Rightarrow a luminosidade do sistema **aumenta** muito \Rightarrow de **uma só vez**.

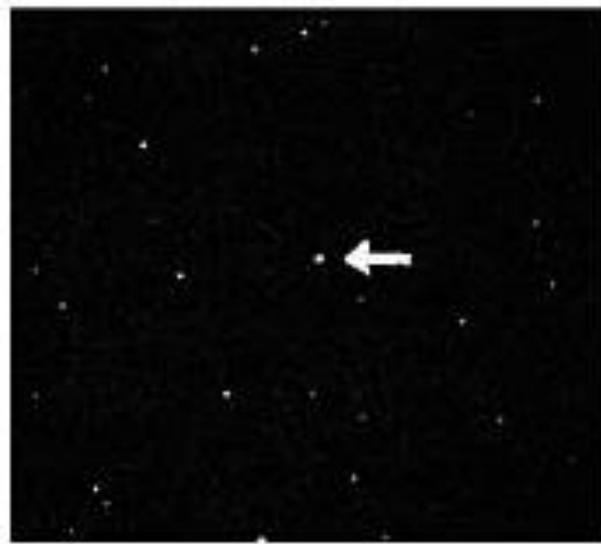
Novae

- Se o aumento em L é de ~ 10 vezes, chamamos o sistema de uma **nova anã**.
- Se o aumento é de cerca de 10000 vezes, o sistema é considerado uma **nova clássica**.

Por causa da fusão que ocorre na superfície da anã branca, há ejeção de material $\Rightarrow v \sim 2000$ km/s.

- Algumas vezes a ejeção de matéria recomeça, depois de algum tempo, levando à formação de uma “**nova recorrente**”.

(a) Nova
Herculis em
março de 1935



(a)

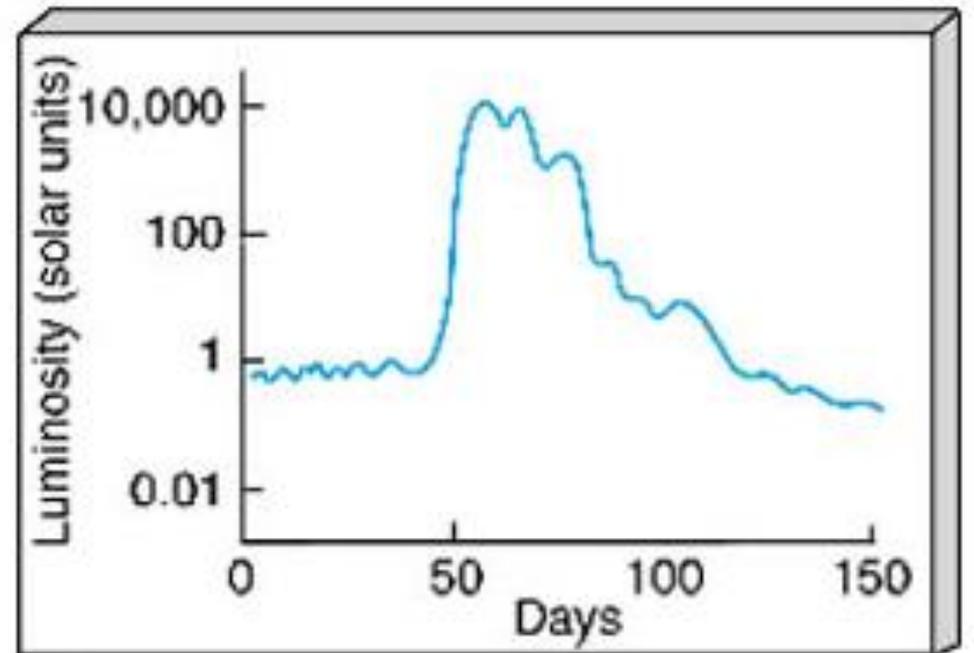


(b)



(b) Maio de
1935

(c) Curva de
luz típica de
uma nova.



(c)

Próxima aula

Capítulo 15

Evolução de Estrelas Massivas