

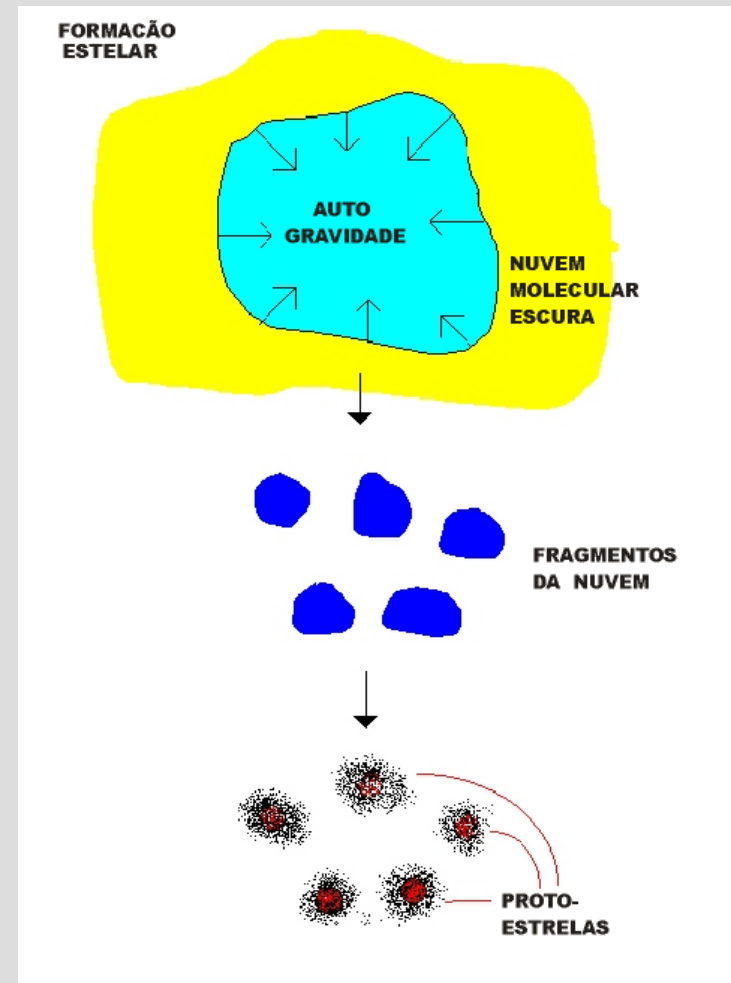
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Departamento de Astronomia

Evolução Estelar e Equilíbrio Hidrostático

Prof. Tibério B. Vale

Formação estelar

- Estrelas se formam dentro de concentrações relativamente densas de gás e poeira interestelar (nuvens moleculares).
- Temperatura 10-20 K (favorece a aglomeração e formação de CO e H₂);
- A massa destas regiões é da ordem de 10⁵
- Massas Solares;
- A densidade é de 10⁻²⁴g/m⁻³;
- A formação estelar inicia quando as regiões mais densas colapsam devido a auto-gravidade;
- O colapso é Isotérmico;



Formação estelar: Critério de Jeans

- O tempo de colapso é da ordem de 100 milhões de anos;

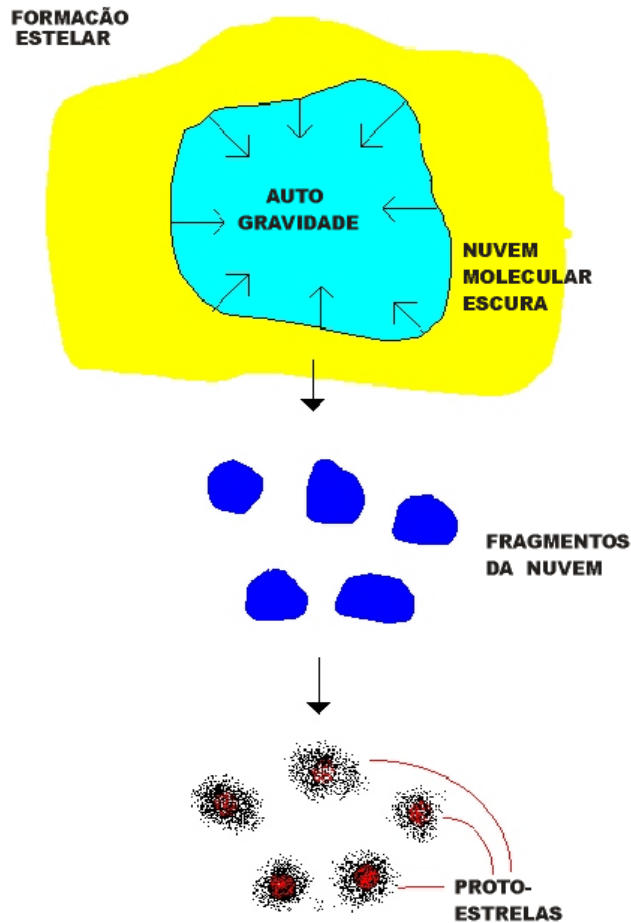
$$M_J = 1,2 \times 10^5 M_{\odot} \left(\frac{T}{100 \text{ K}} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\rho}{10^{-24} \text{ g cm}^{-3}} \right)^{-\frac{1}{2}} \mu^{-\frac{3}{2}}$$

Peso molecular médio ~1

- É uma equação pesada para valores típicos.
- Por que não são formadas 100 000 estrelas de uma única região?

Formação estelar: Proto-estrela

R: Ocorre a fragmentação da nuvem



Uma vez que um fragmento se destaca das outras partes da região de formação estelar, podemos considerá-lo como um objeto bem definido, com identidade própria e campo gravitacional destacado do restante da nuvem.

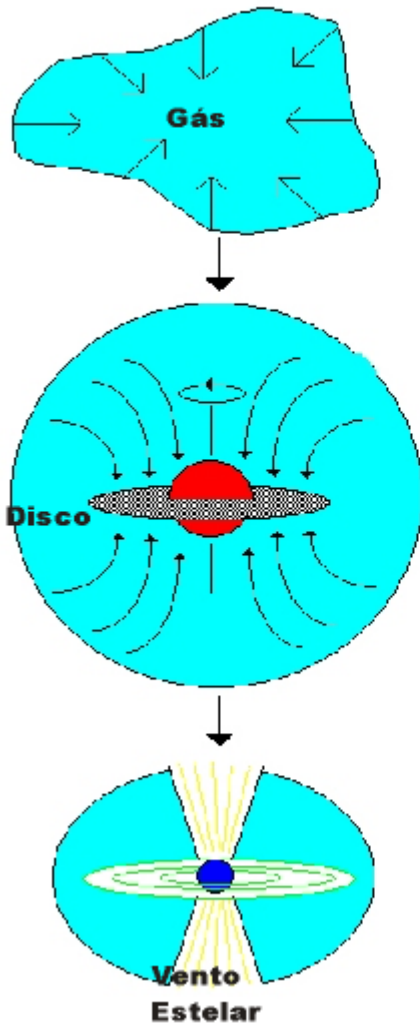
- Proto-estrela;

Leia mais em:

http://www.if.ufrgs.br/oei/stars/formation/form_st.htm

Formação estelar: Proto-estrela

FORMAÇÃO DE UMA PROTO-ESTRELA

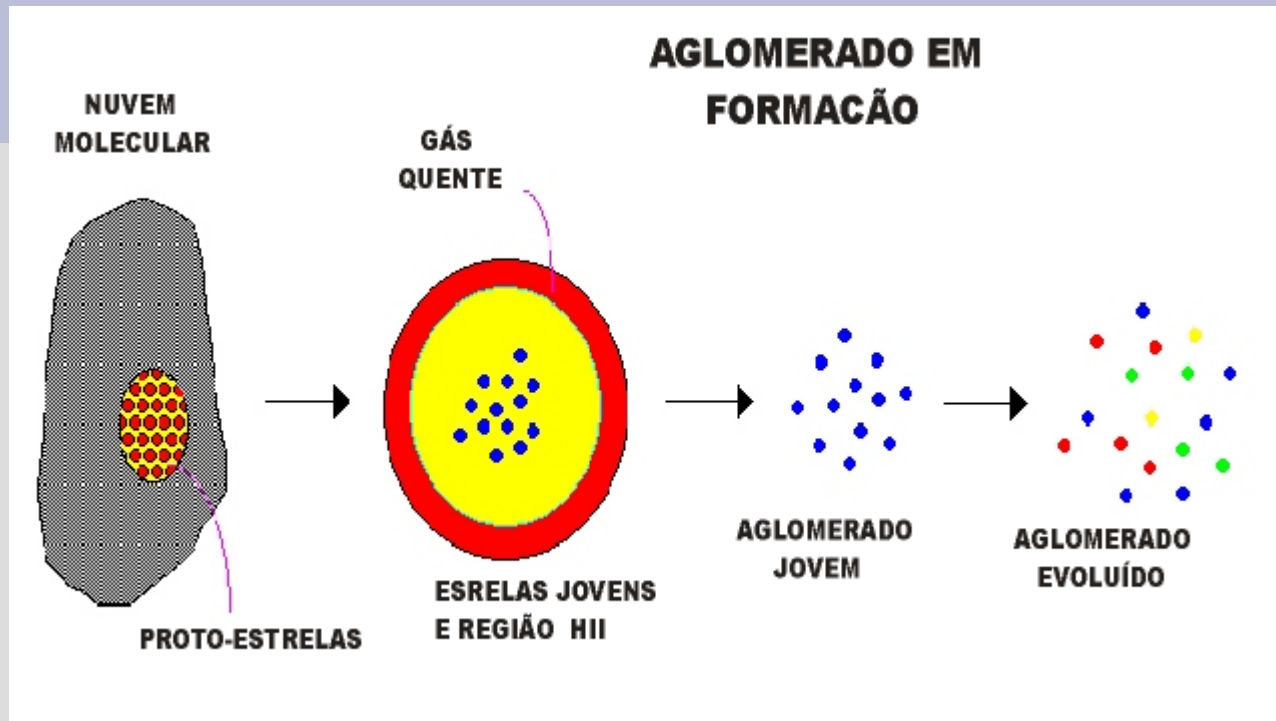


Uma parte mais densa da nuvem molecular colapsa gravitacionalmente, destacando-se da nuvem. A conservação do momento angular lhe dará a forma de um disco em rotação;

A região central é mais densa e quente e forma a proto-estrela. O disco em rotação evolui mais lentamente e forma um sistema planetário. A matéria continua a cair em direção à proto-estrela aumentando (muito) seu tamanho. A protoestrela, inicialmente, tem ~1% de sua massa final

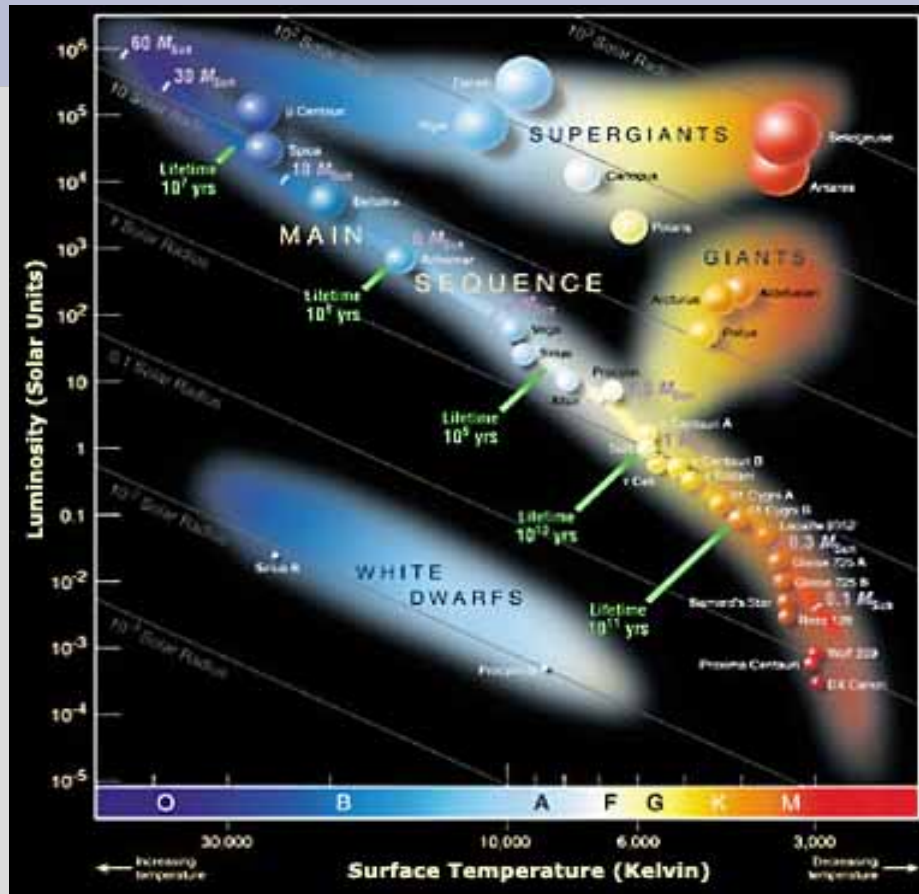
A queda de matéria em direção ao centro é interrompida quando iniciam-se as reações de fusão nuclear no centro da proto-estrela. O que produz um forte centro de radiação e partículas a partir da mesma.

Formação estelar: Proto-estrelas



- Estrelas jovens evoluem a partir de um aglomerado de proto-estrelas mergulhadas nas regiões centrais de uma nuvem molecular e se tornam um aglomerado de estrelas **T-Tauri**;
- A superfície quente e ventos estelares fortes aquecem o gás à sua volta e formam uma região HII.
- Posteriormente, o aglomerado se quebra, o gás é expelido.

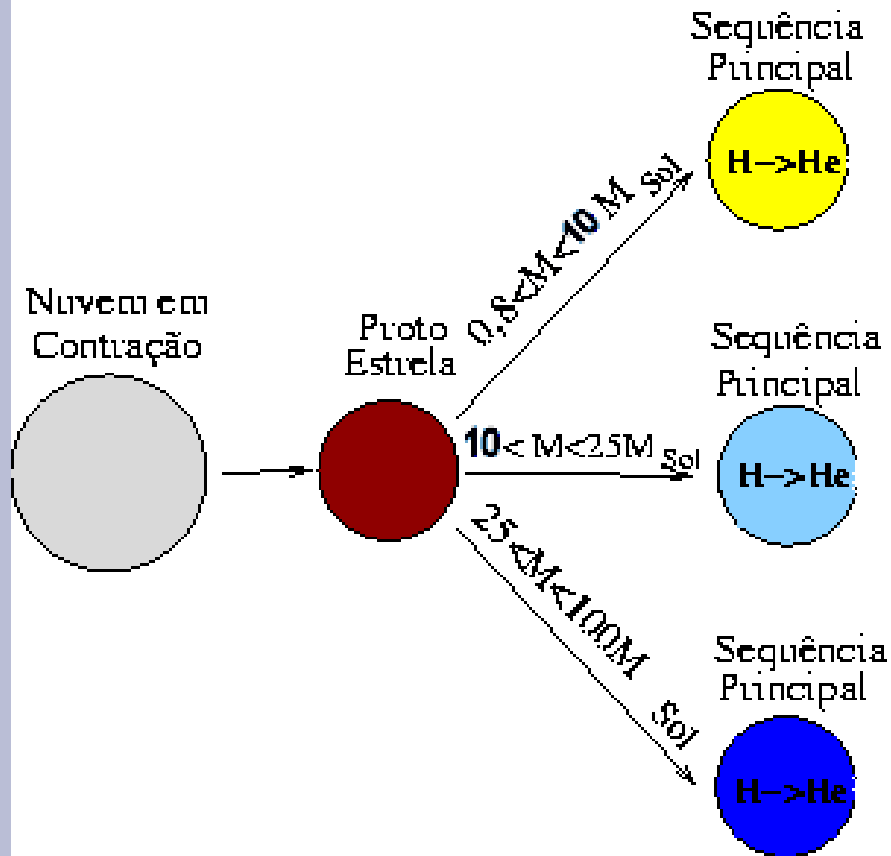
Formação estelar: A seqüência principal



- A estrela passa a Maior parte de sua vida na seqüência principal;
- A estrela não anda na SP;
- A posição dela na SP do HR depende da massa inicial;

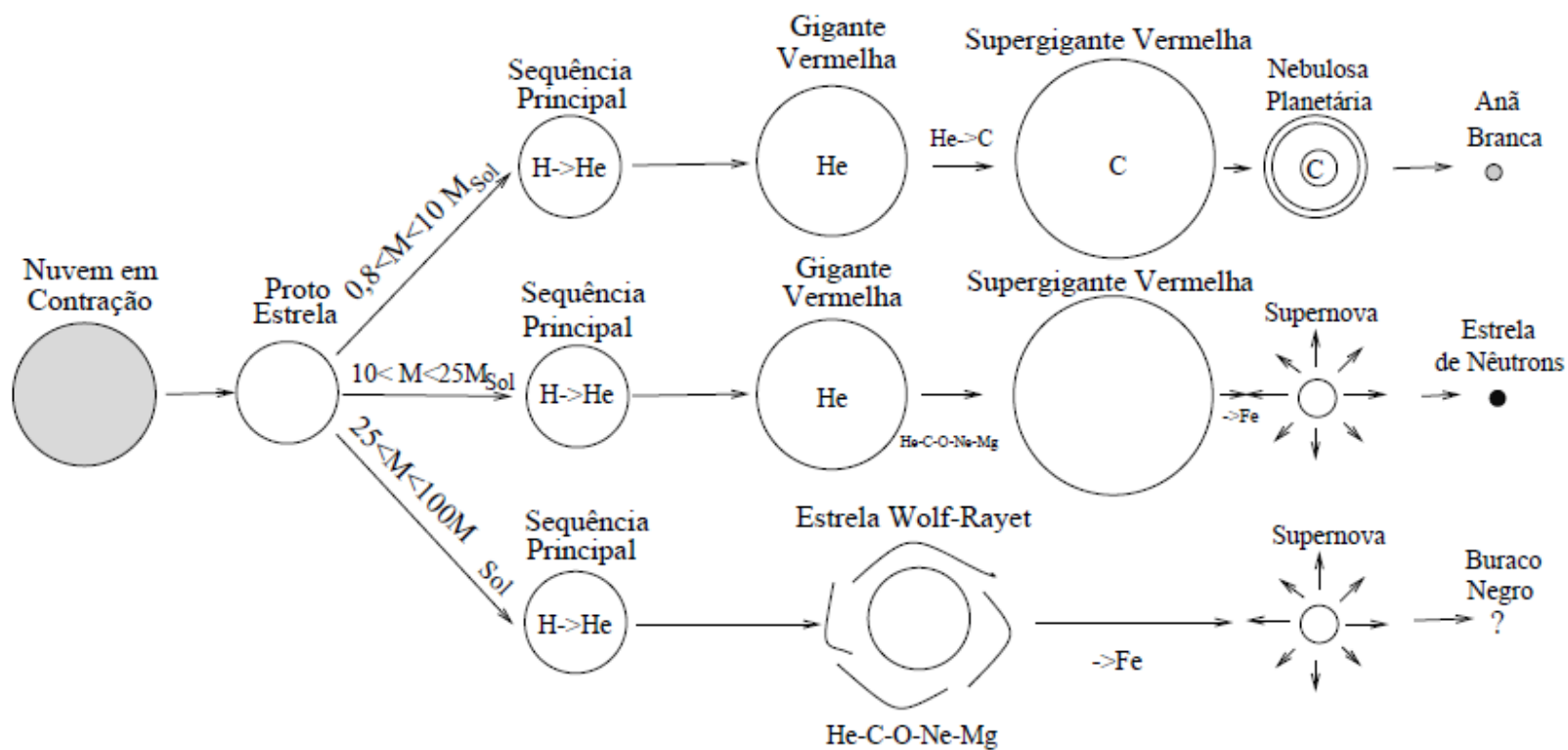
Uma vez começada a queima do hidrogênio no centro de uma proto-estrela, ela evolui rapidamente, passa pela fase de T-Tauri (alguns milhões de anos) e se torna uma estrela da Seqüência principal;

Formação estelar: A seqüência principal



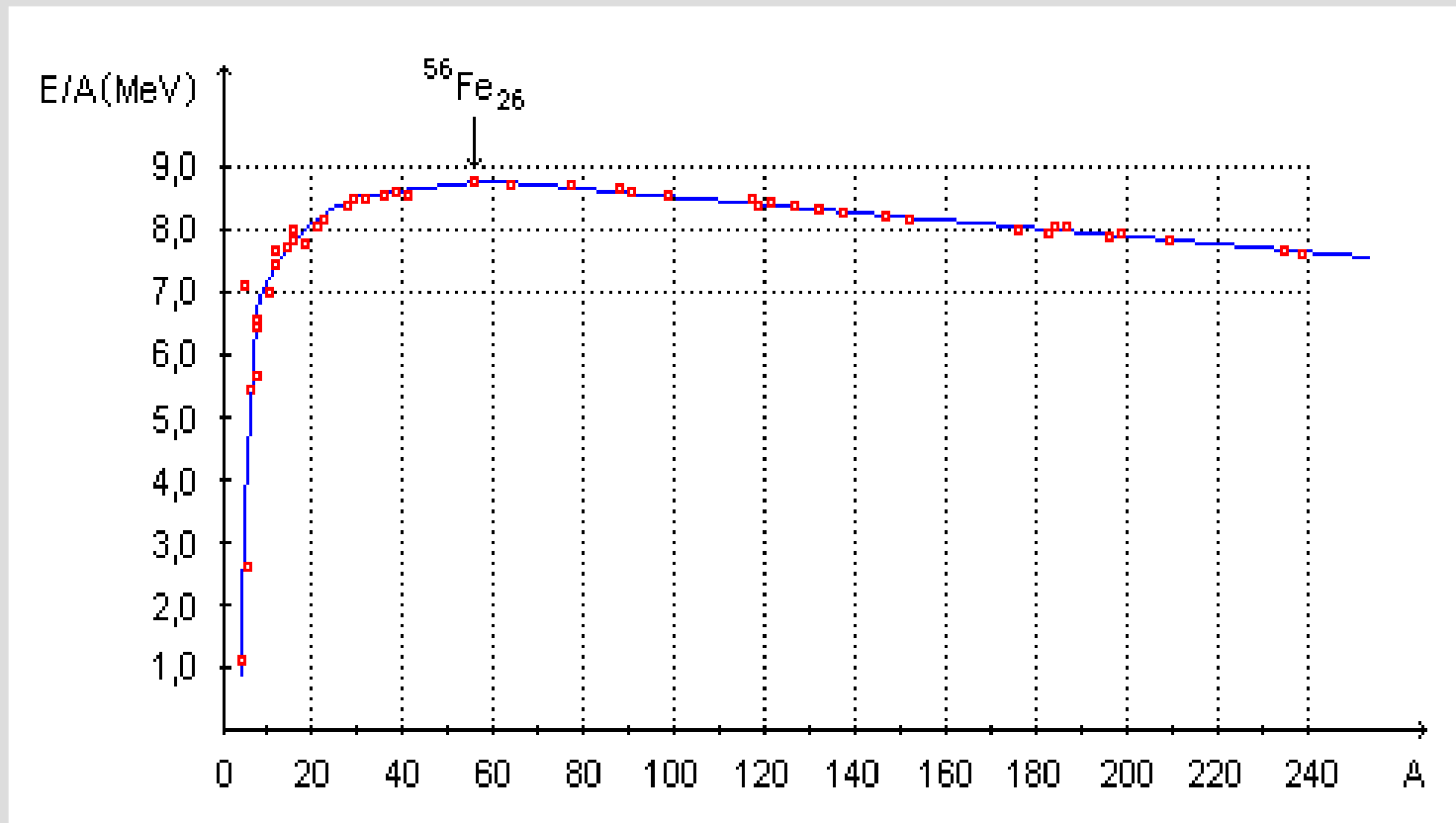
- Durante a SP a estrela converte H em He no seu núcleo;
- O tempo de vida de uma estrela na SP depende de sua massa;
- Se a estrela tiver menos de $0,8 M_{\text{sol}}$ o tempo de vida do Universo não é suficiente para ela ter saído da SP;

Evolução Estelar



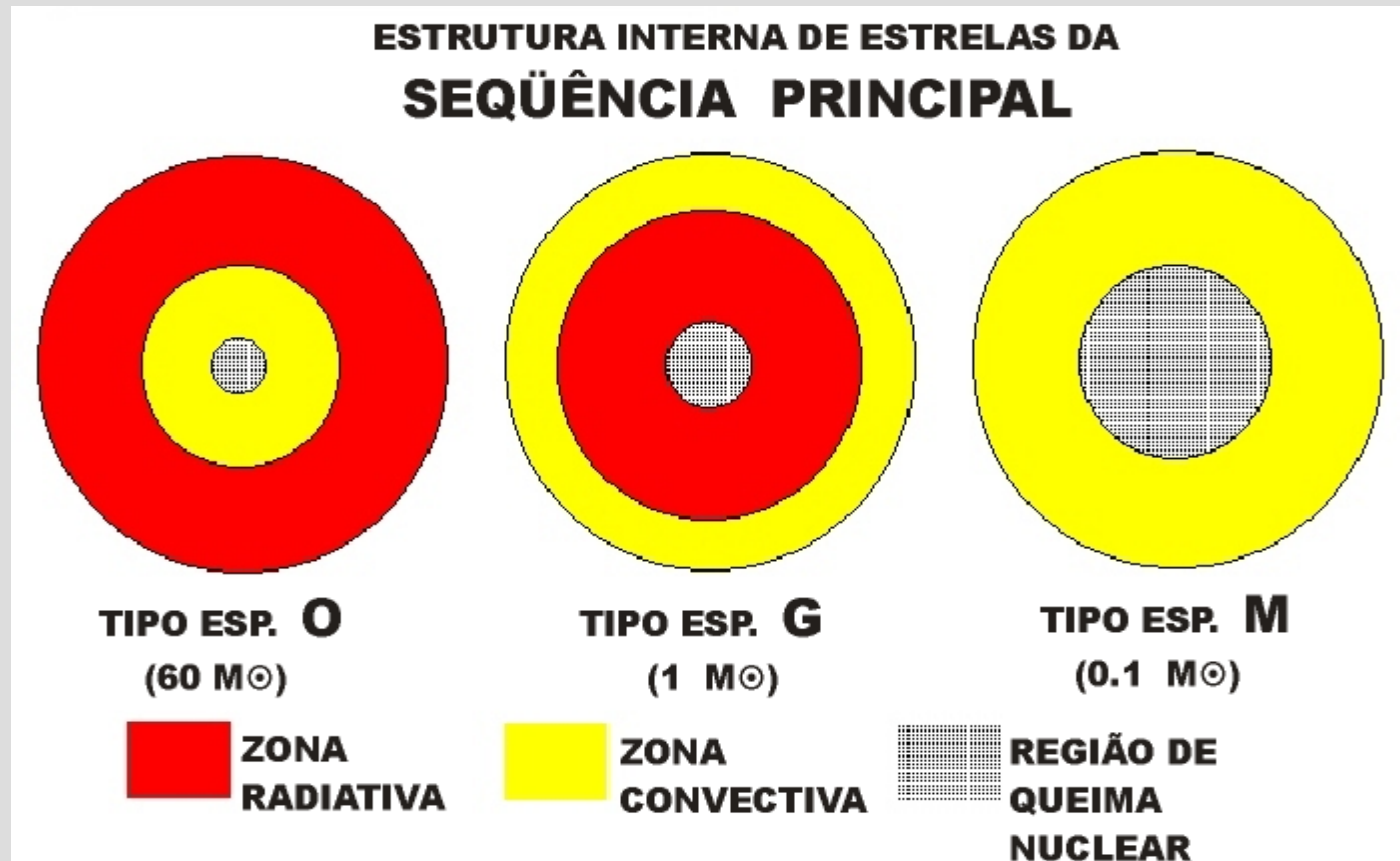
Energia de ligação nuclear

- Energia de ligação nuclear por total de núcleons (p+n): máximo no Fe^{56}



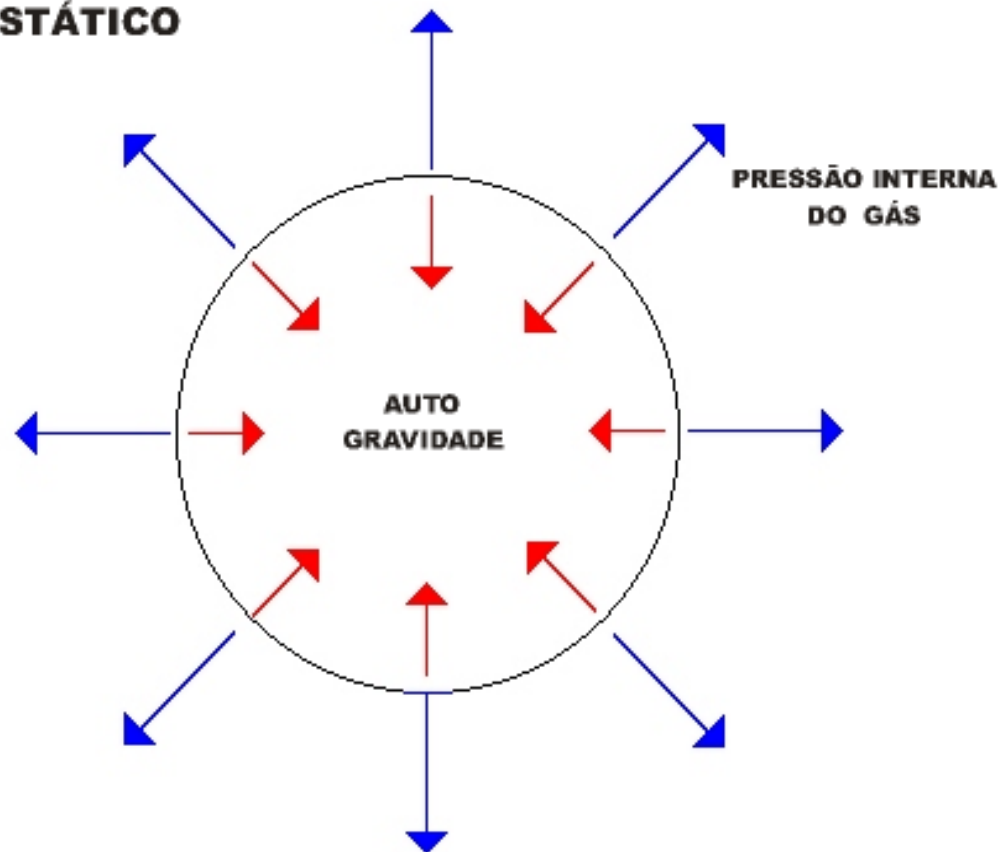
Interior Estelar

- a) o centro, onde ocorrem as reações de fusão de H em He;
- b) uma zona convectiva
- c) uma zona radiativa.



Equilíbrio Hidrostático

EQUILÍBRIO HIDROSTÁTICO



O Sol não se expande nem se contrai, ou seja está em equilíbrio. A força gravitacional em cada ponto em seu interior é contrabalançada pela pressão interna do gás.