

# A Via Láctea

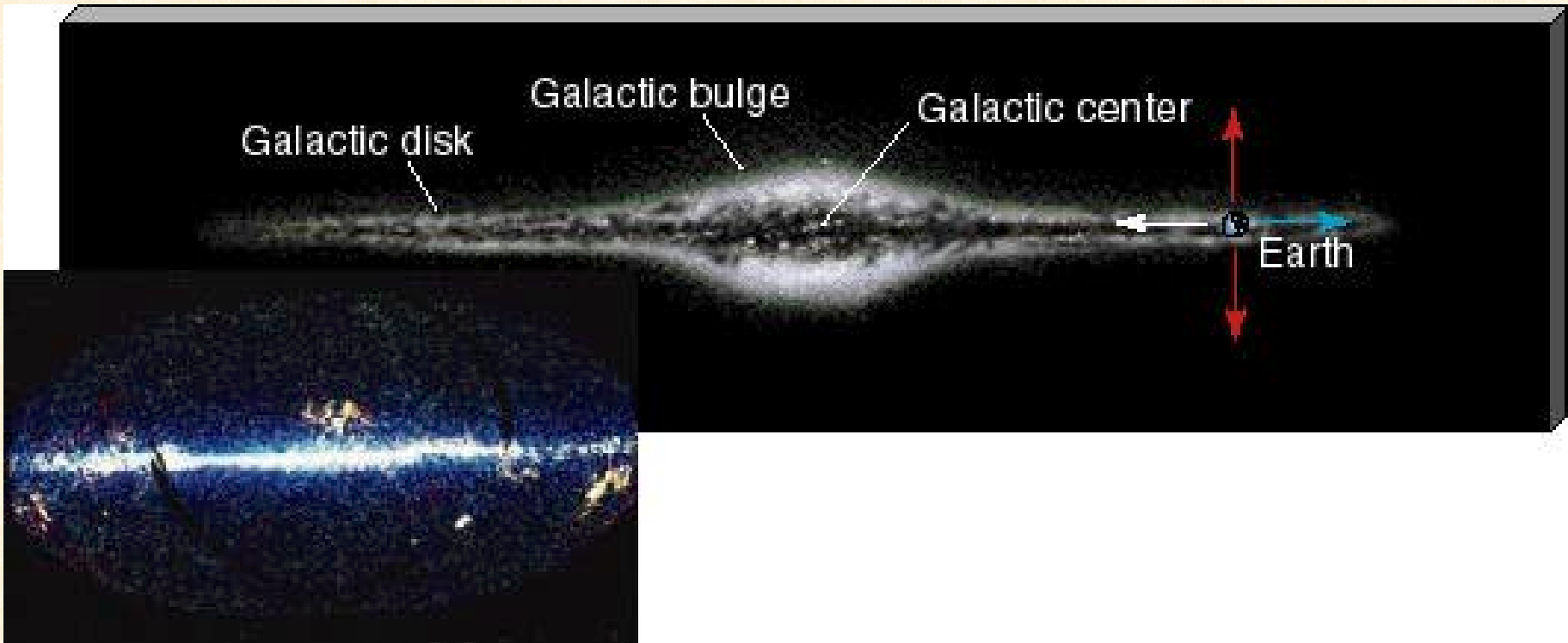
Curso de Extensão Universitária

Astronomia: Uma Visão Geral

12 a 17 de janeiro de 2004

# A Via Láctea

- Visível como 'banda luminosa' a olho nu resultante da forma da Galáxia.



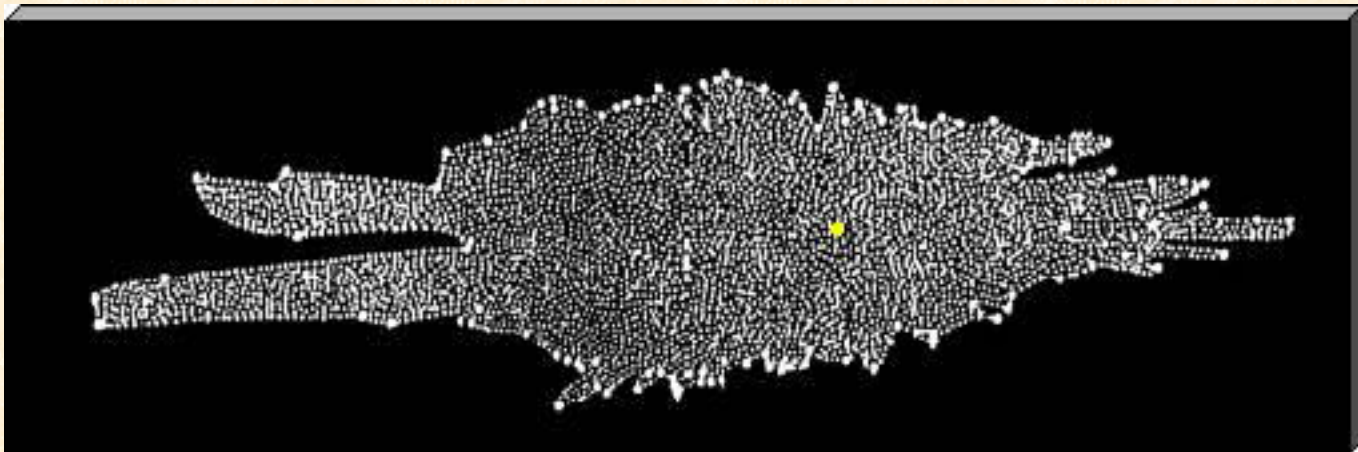
- Região do Cruzeiro do Sul



# Histórico

- **Sec. XVII - Galileu:** descobriu que a Via-Láctea consistia de uma coleção de estrelas.
- **Sec. XVIII/XIX - W. Herschel:** mapeou a Via-Láctea e descobriu tratar-se de um sistema achatado.

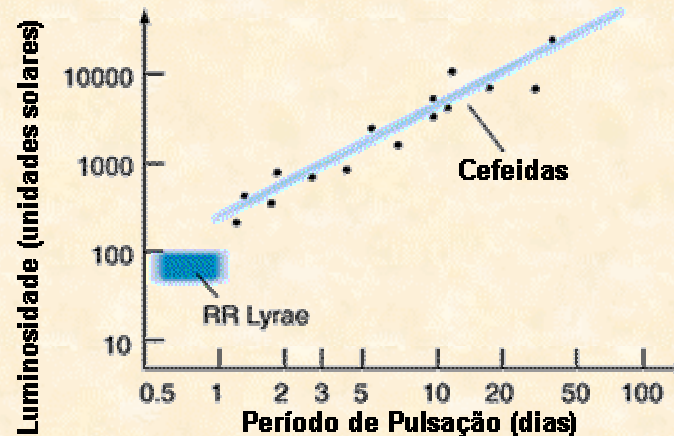
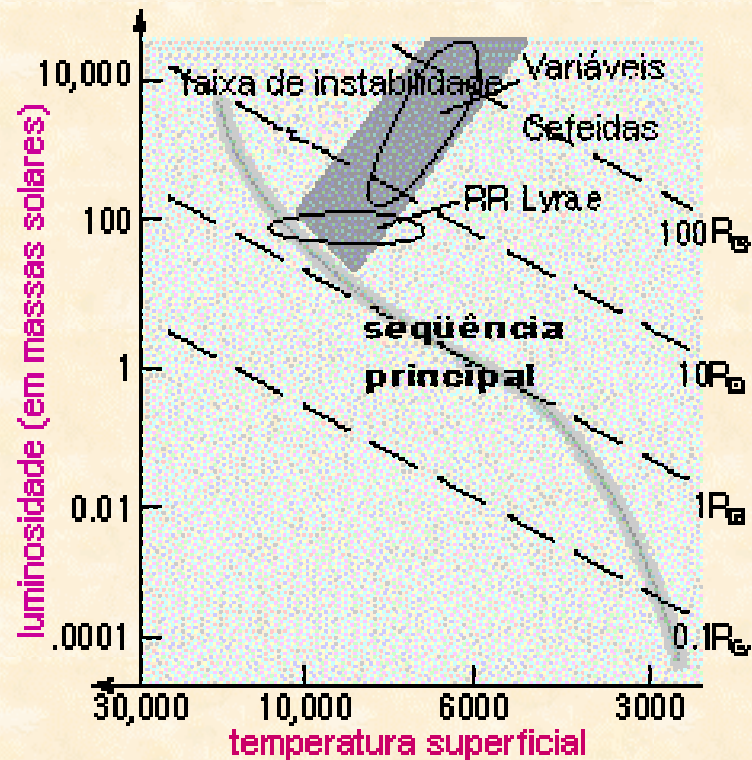
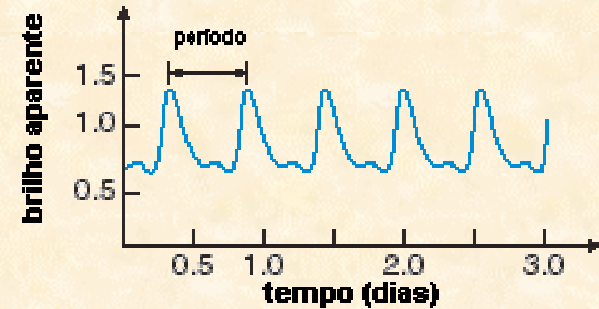
Hipóteses: 1) todas as estrelas tem  $\sim$  a mesma  $L$ ; 2) a densidade numérica espacial das estrelas  $\sim$  cte; 3) não existe matéria entre as estrelas que as escureça; 4) os limites da distribuição são bem vistos.



# Variáveis Cefeidas

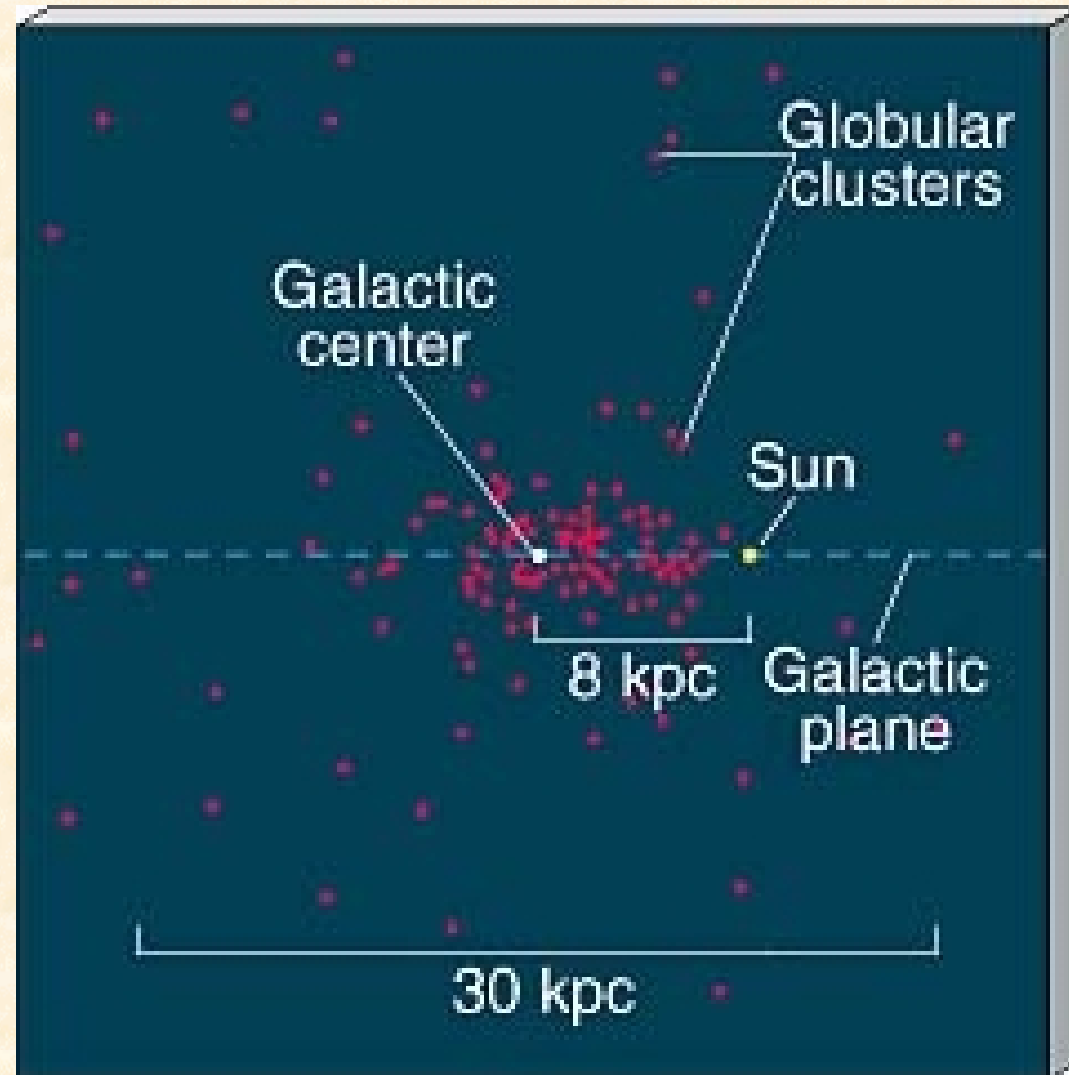
- Variáveis com relação conhecida entre período e luminosidade.

Uma vez medida a luminosidade aparente de uma Cefeida, podemos determinar sua luminosidade intrínseca, que nos permitirá, por sua vez, determinar sua distância pela fórmula

$$m - M = 5 - 5 \log r.$$


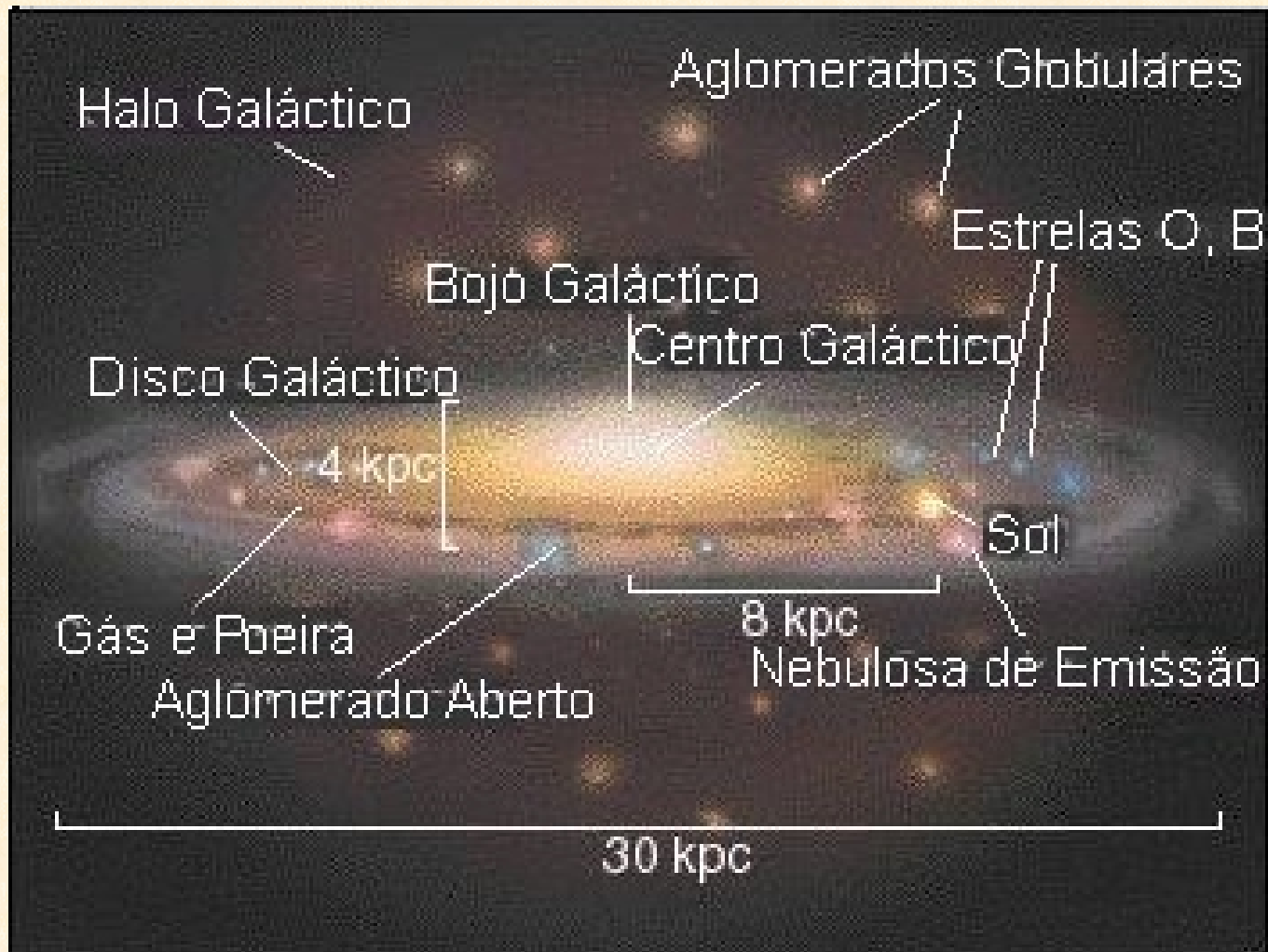
# Histórico

•1920's - H. Shapley:  
estudando a distribuição  
dos aglomerados  
globulares determinou o  
verdadeiro tamanho da  
Via-Láctea e a posição  
periférica do Sol.

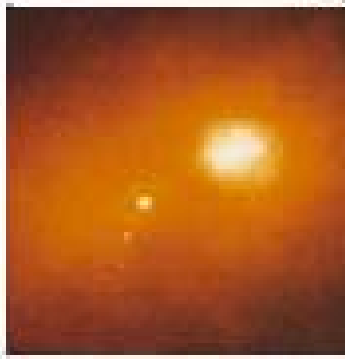
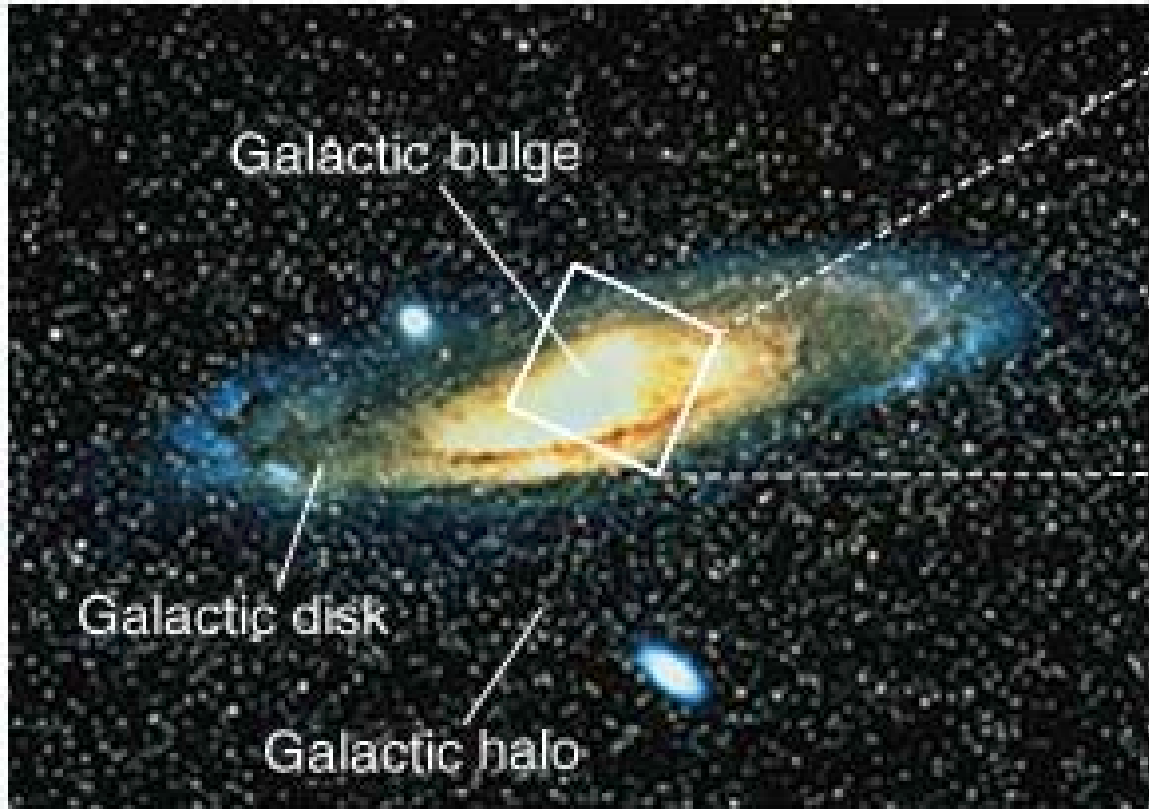


# Concepção artística da Via-Láctea

**Galáxia:** coleção de matéria estelar e interestelar isolada no espaço e mantida unida por sua própria gravidade.



- **Galáxia de Andrômeda:** forma semelhante a da nossa Galáxia. (a) O disco e o bojo podem ser vistos e possuem extensão de 30.000 pc. (b) Detalhe da parte interna da galáxia. (c) Duplo núcleo, ainda inexplicável, região de 15 pc.



(a)

(b)

(c)



**Galáxia espiral:** vista de frente, com estrutura similar a de Andrômeda e Via-Láctea. É conhecida como M51 - objeto de número 51 do catálogo de Messier.

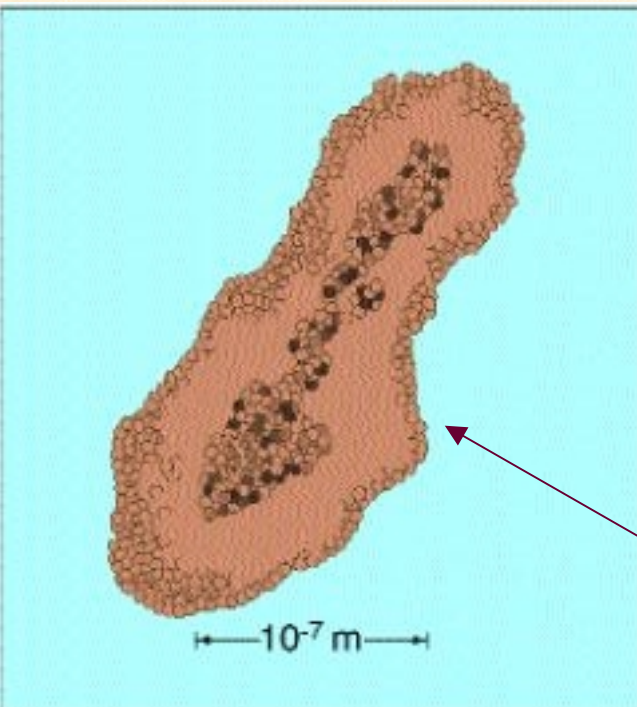


30 kpc

# Componentes da Via-Láctea

- Estrelas, anãs-brancas, anãs-marrons
  - Estrelas de nêutrons, buracos negros
  - Nebulosas planetárias, remanescentes de supernovas
  - Aglomerados abertos e fechados de estrelas
  - Gás, poeira, nuvens, etc...
- 
- *As Galáxias são como ilhas no Universo.*

# • Via-Láctea no Visível



Típica partícula  
de poeira  
interestelar.



- Aglomerado aberto jovem: Caixa de jóias



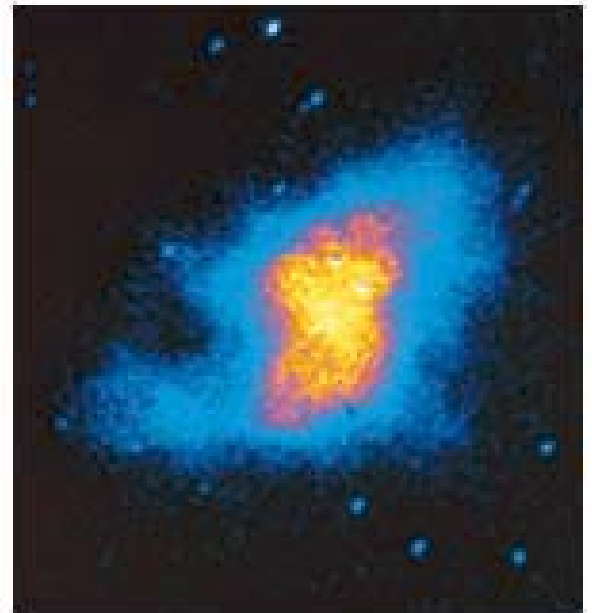
- Aglomerado Globular 47 Tuc



- Nebulosa Planetária/NGC6751



- Remanescente de supernova: nebulosa do Carangueijo ou M1. A explosão foi detectada pelos Chineses em 1054. As figuras mostram, da esquerda para a direita a nebulosa em rádio, visível e ultravioleta.

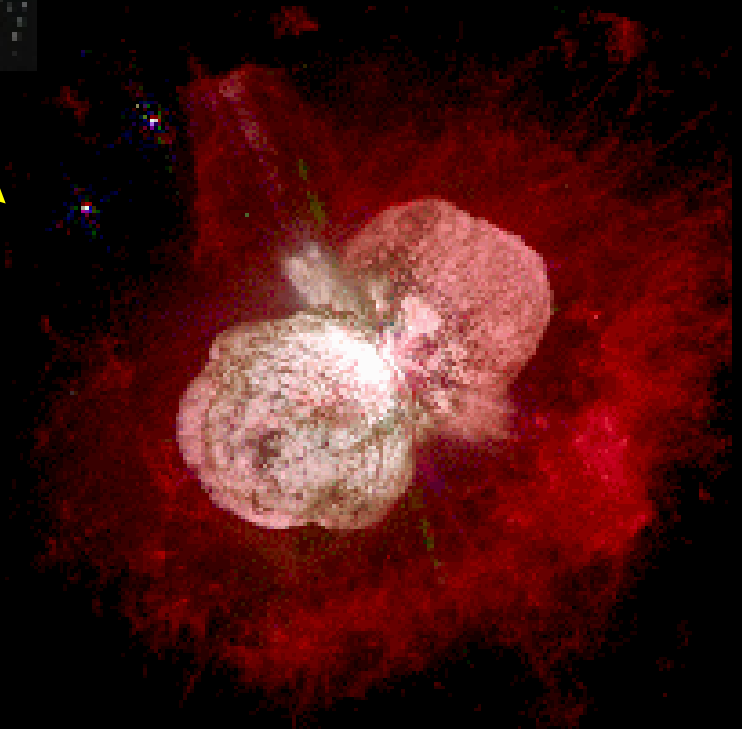
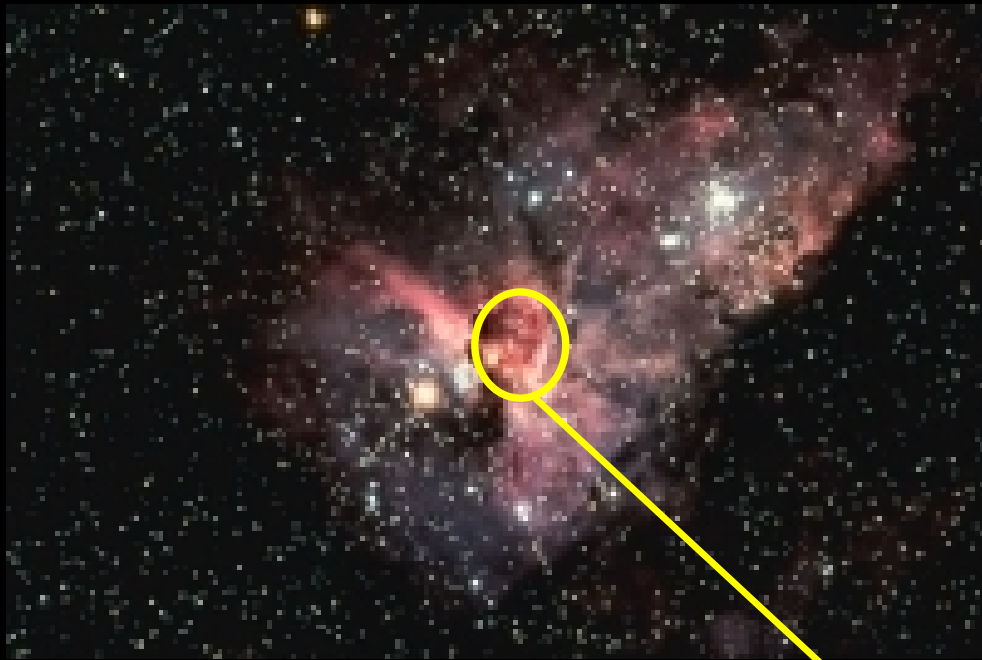


- Remanescente de supernova em Vela.

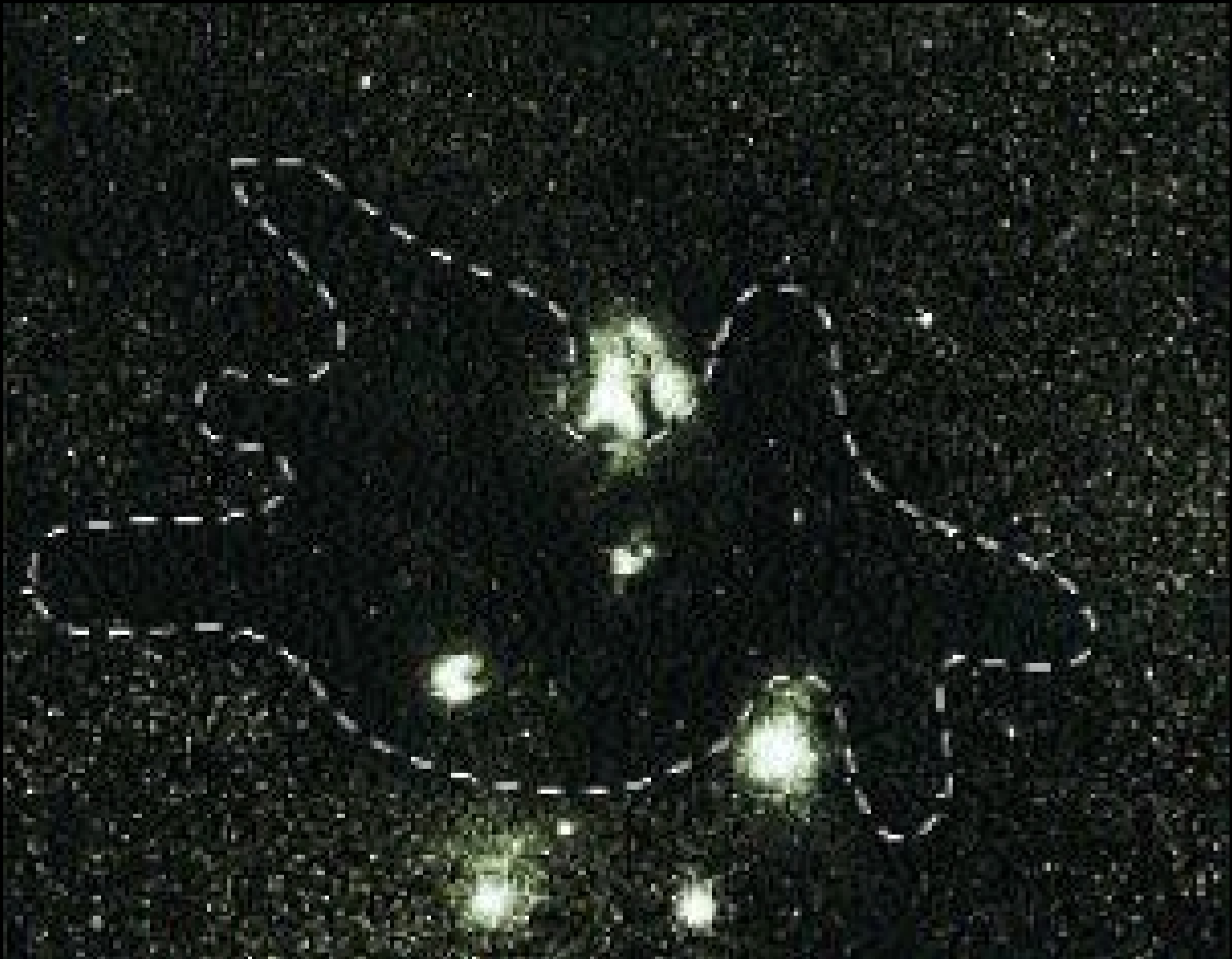




- Nebulosa de emissão: Eta Carinae



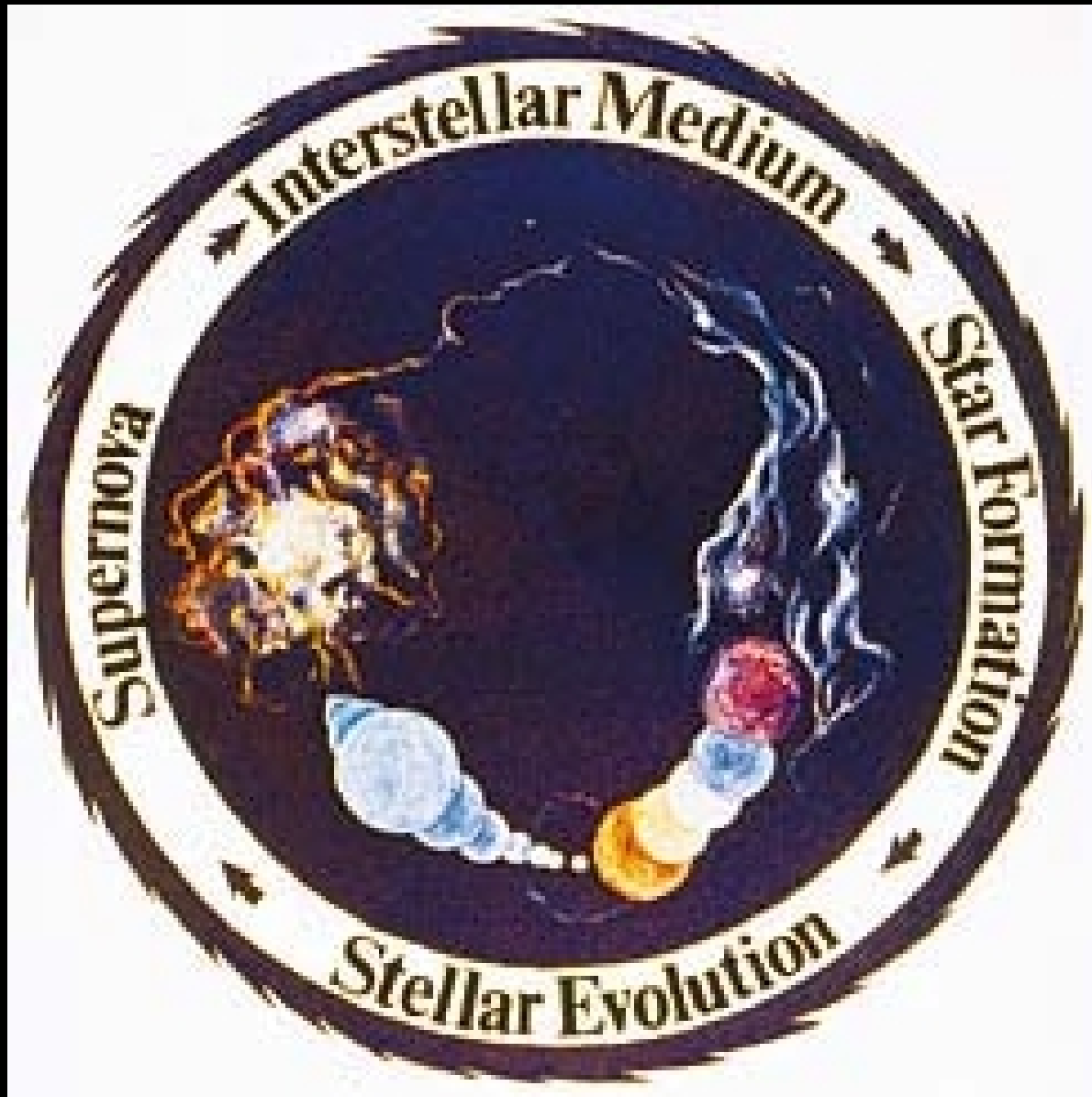
- Típica nuvem de escura de poeira: Rho Ophiuchi



Nuvem escura de poeira: Nebulosa da Cabeça do Cavalo em Órion. A região nebulosa está a  $\sim 1500$  pc.



- Ciclo de formação estelar

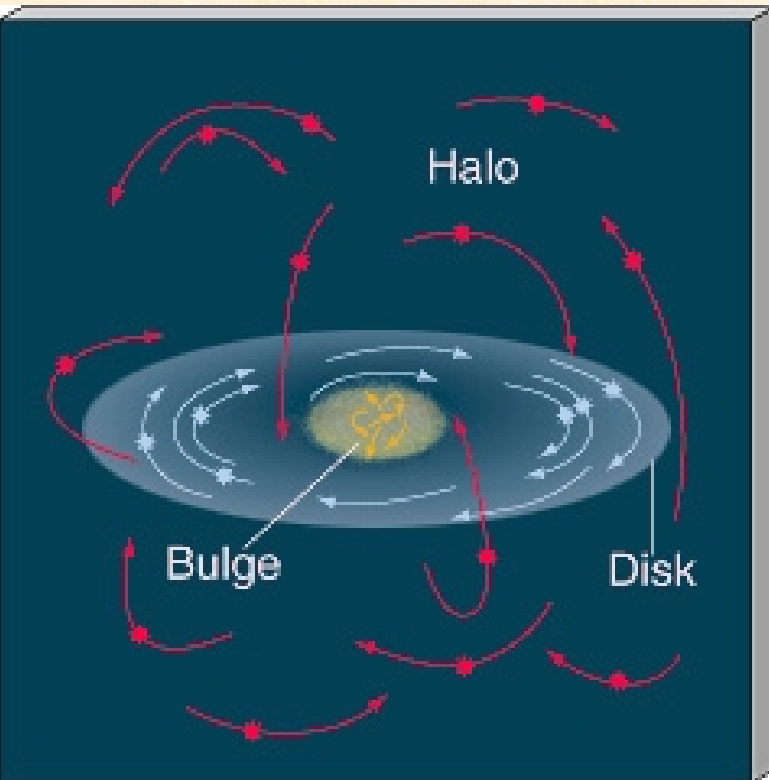


# Estrutura e Dinâmica da Galáxia

- A nossa Galáxia tem 3 componentes básicos:

## Halo, Disco e o Bojo

- Composição química, idade e dinâmica diferentes.

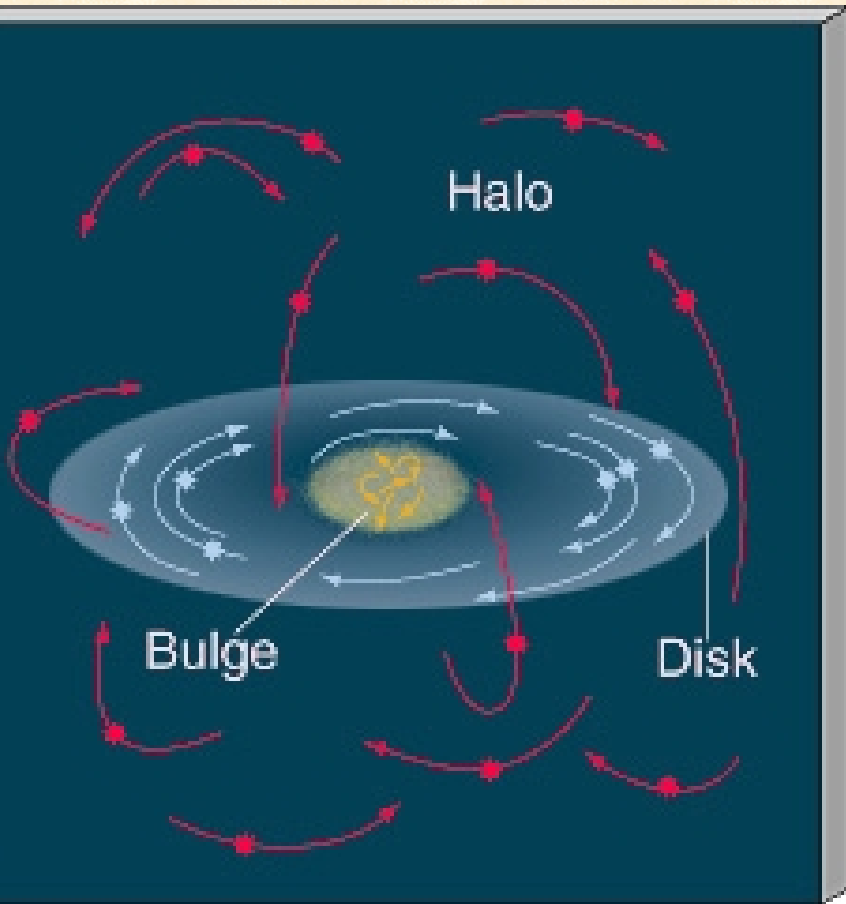


**Halo:** estrelas avermelhadas, aglomerados globulares (fechados). Poucas nuvens de alta velocidade mas, virtualmente sem gás. Distribuição esférica, órbitas isotrópicas em torno do centro galáctico.

Estrelas velhas (as mais velhas da Galáxia).

É uma estrutura velha, remanescente de um dos primeiros estágios da formação da Galáxia.

# Estrutura e Dinâmica da Galáxia



**Disco:** estrelas azuladas, abundante em gás, nuvens moleculares, aglomerados abertos.

Distribuição aplainada, **estrutura espiral**.

Estrelas jovens e velhas.

Raio ~ 15 kpc, espessura ~ 400 pc.

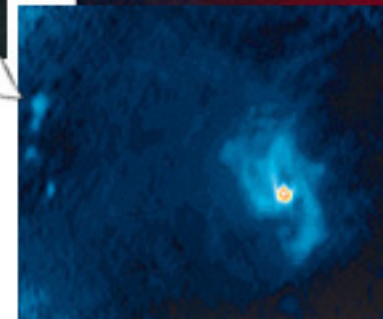
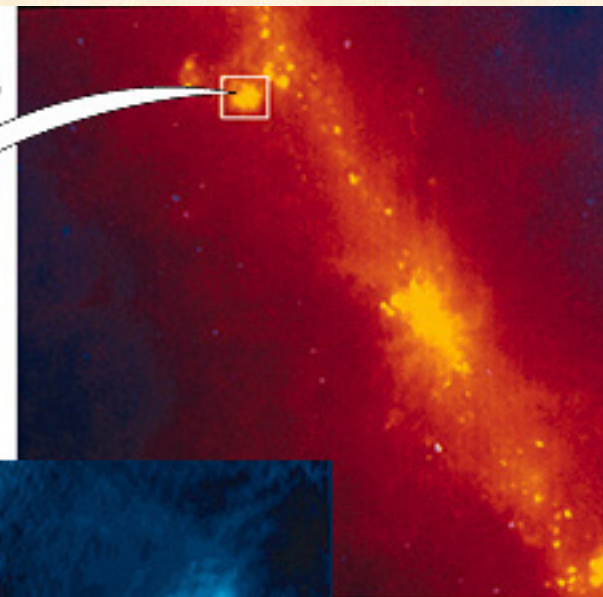
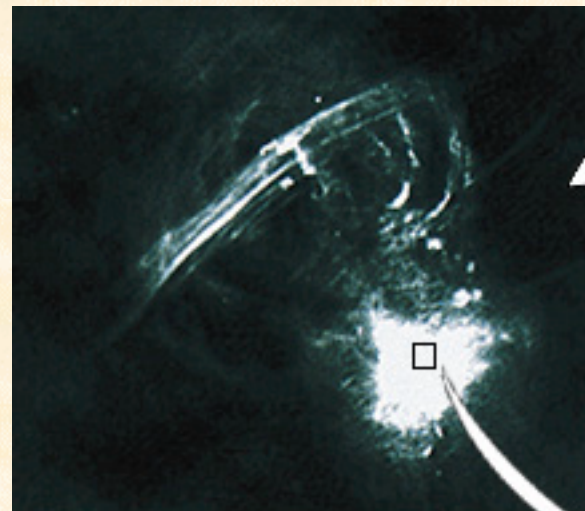
**Bojo:** estrelas, alta densidade de gás e muita poeira, buraco negro supermassivo.

Forte formação estelar: estrelas jovens e velhas.

# O Bojo

Centro da Galáxia

No **visível** a poeira não permite olhar mais profundo do que 1/10 do raio do bojo.

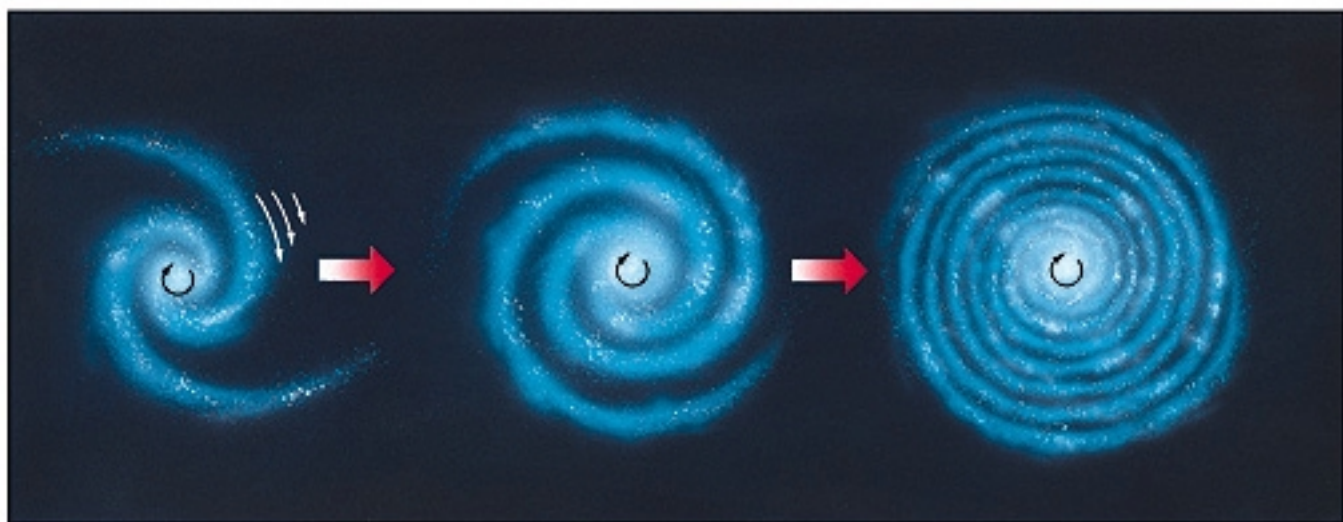


Na região central a densidade de estrelas é  $\sim 50.000$  estrelas por pc cúbico.

10 pc  
Sagitário A

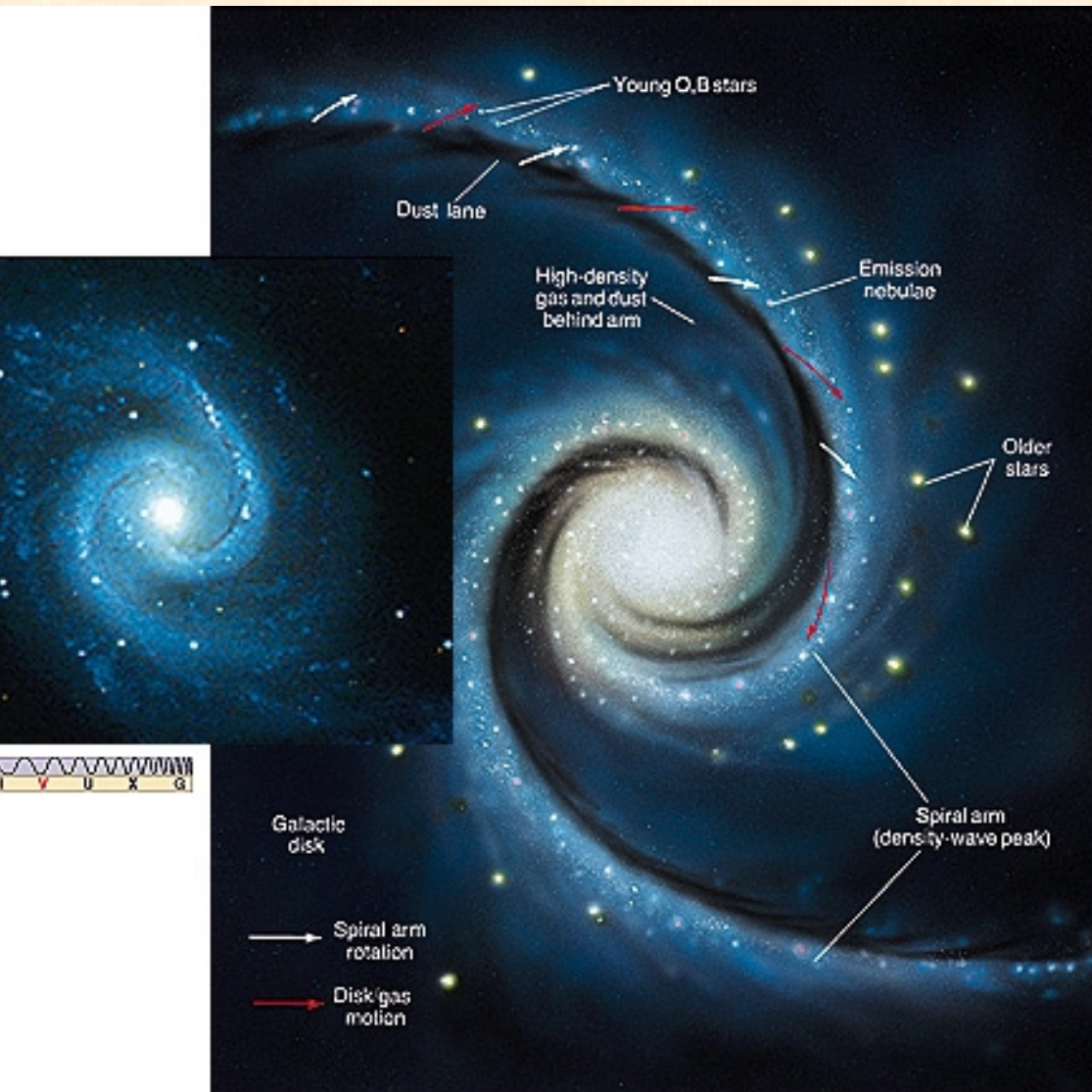
# Estrutura Espiral

- Sugerida a partir de observações de regiões HII em óptico e rádio.
- A Idade da Galáxia,  $\sim 10-15 \times 10^9$  anos
- Período de rotação =  $250 \times 10^6$  anos
- Os braços espirais não podem conter sempre o mesmo material. Se assim fosse, a **rotação diferencial** do disco faria com que o padrão espiral enrolasse e a estrutura espiral desapareceria.





# Teoria da onda de densidade

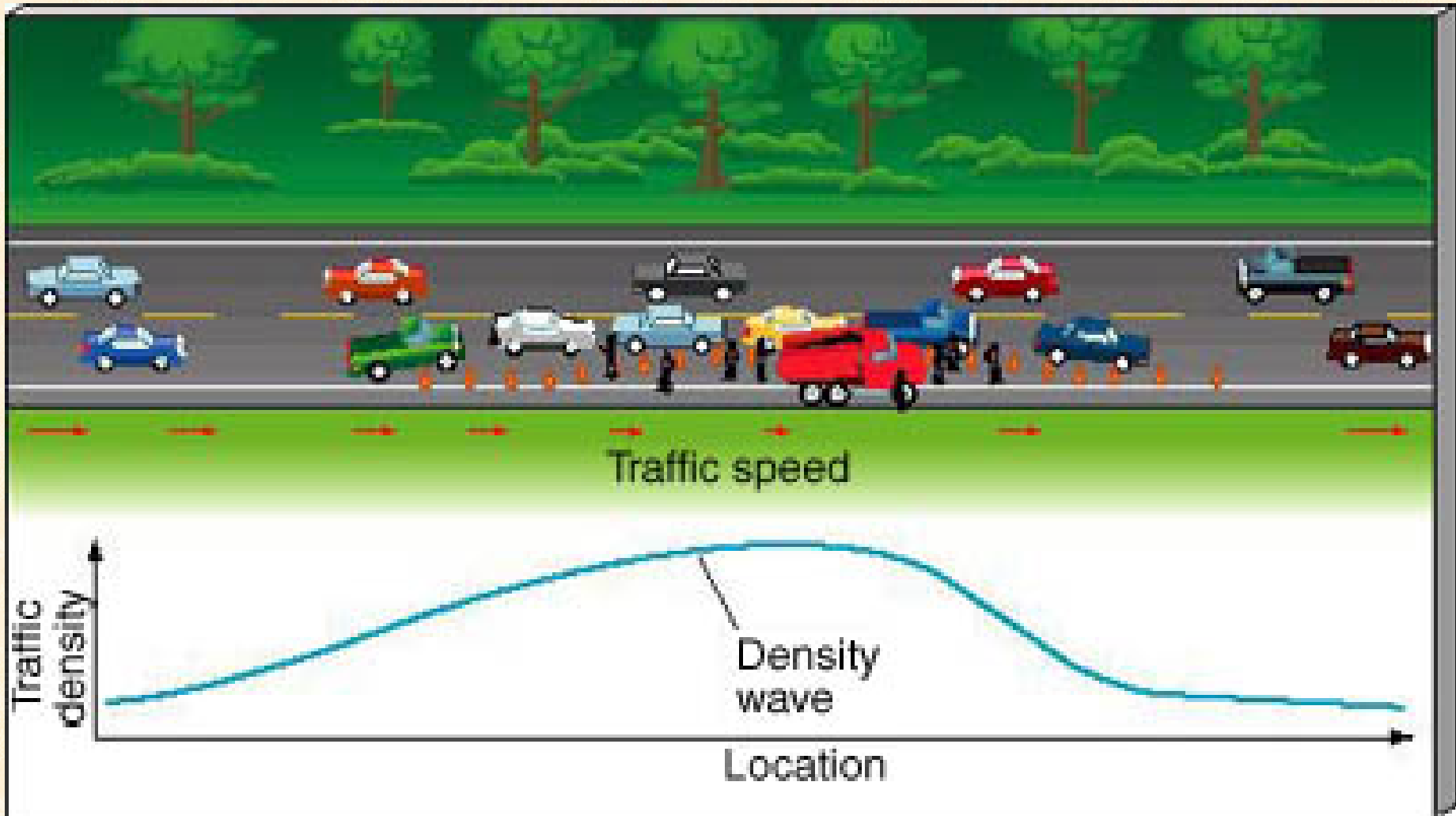


Perturbação de origem gravitacional de forma espiral propaga-se no disco galáctico, provocando ondas ou zonas de compressão ou rarefação do gás.

Braços causados por padrão espiral que gira com metade da velocidade de rotação galáctica.

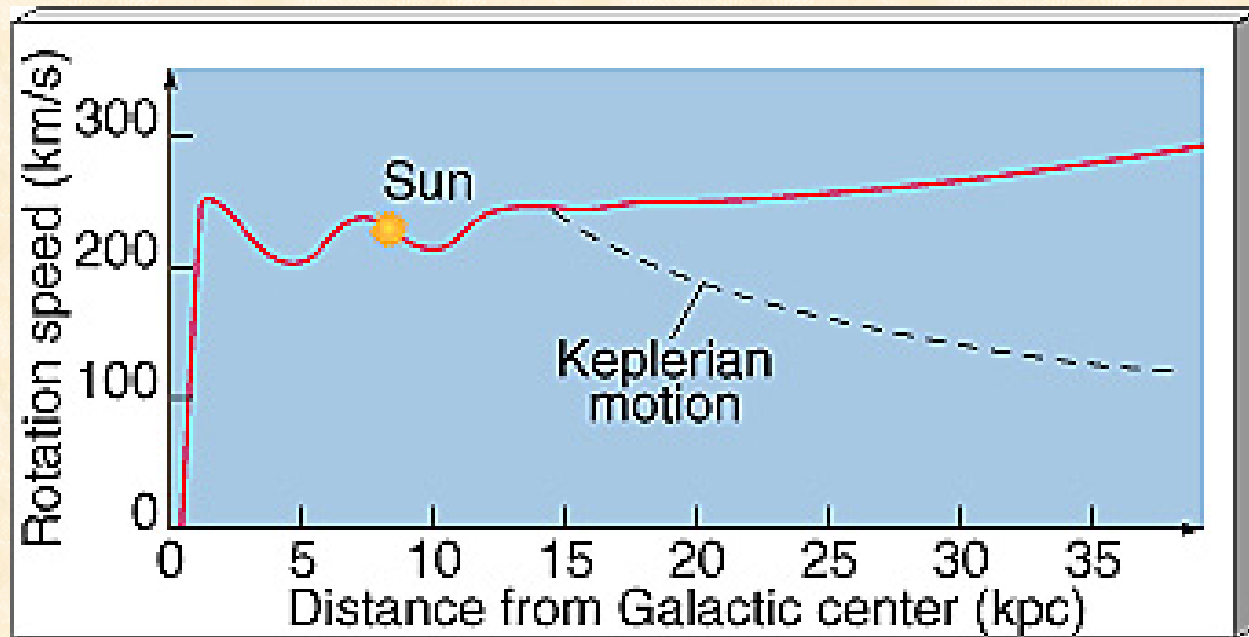
Matéria interestelar passa pela onda por  $\sim 10^7$  anos. Compressão forma estrelas. Estrelas massivas e regiões HII evoluíram. Estrelas menos massivas dispersam-se.

# Teoria da onda de densidade



# Rotação Galáctica e Matéria Escura

- A Galáxia não gira como corpo rígido.
- $V(R)$  obtida a partir de observações de HI (21 cm)



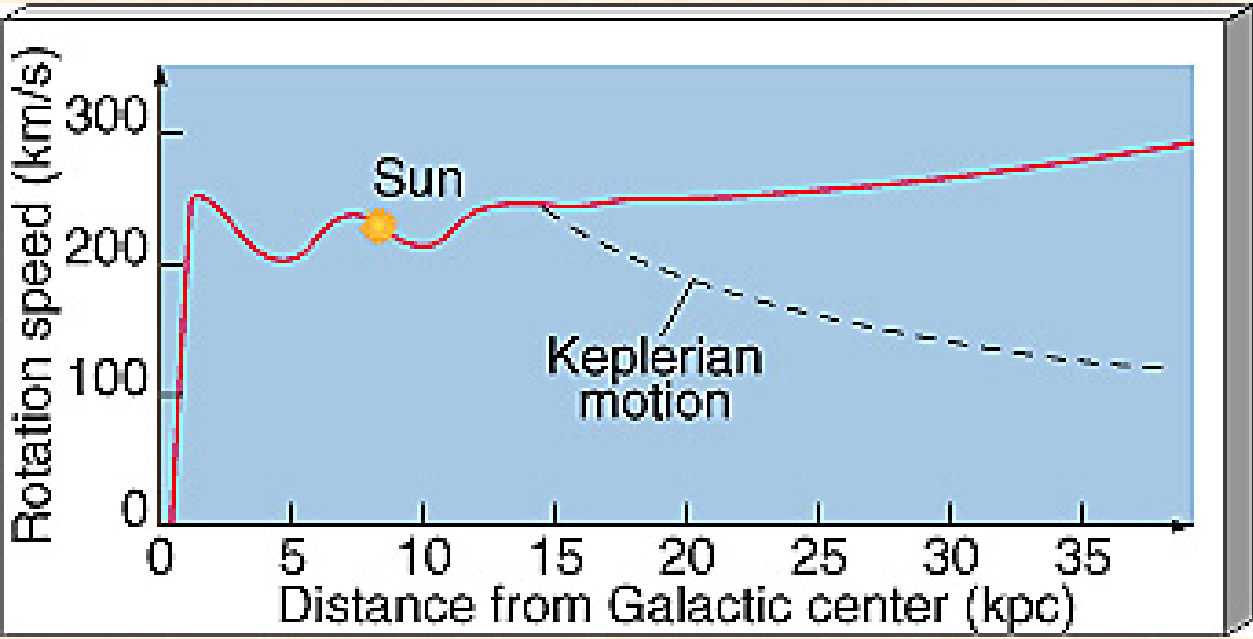
- Em  $R_{\odot} = 8.5$  kpc  $\Rightarrow V(R_{\odot}) = 220$  km/s  
uma volta completada em torno do CG a cada 250 milhões de anos.

- 3ra. Lei de Kepler:

Massa dentro da órbita

$$V_{\text{orbital}} \propto \sqrt{M/r}$$

Ráio da órbita



$V(R) \sim \text{cte. ou cresce}$   
 $p/ R > 10 \text{ kpc.}$

Matéria Luminosa  $\sim 2 \times 10^{11} M_{\text{sol}}$

$M \sim 6 \times 10^{11} M_{\text{sol}}$

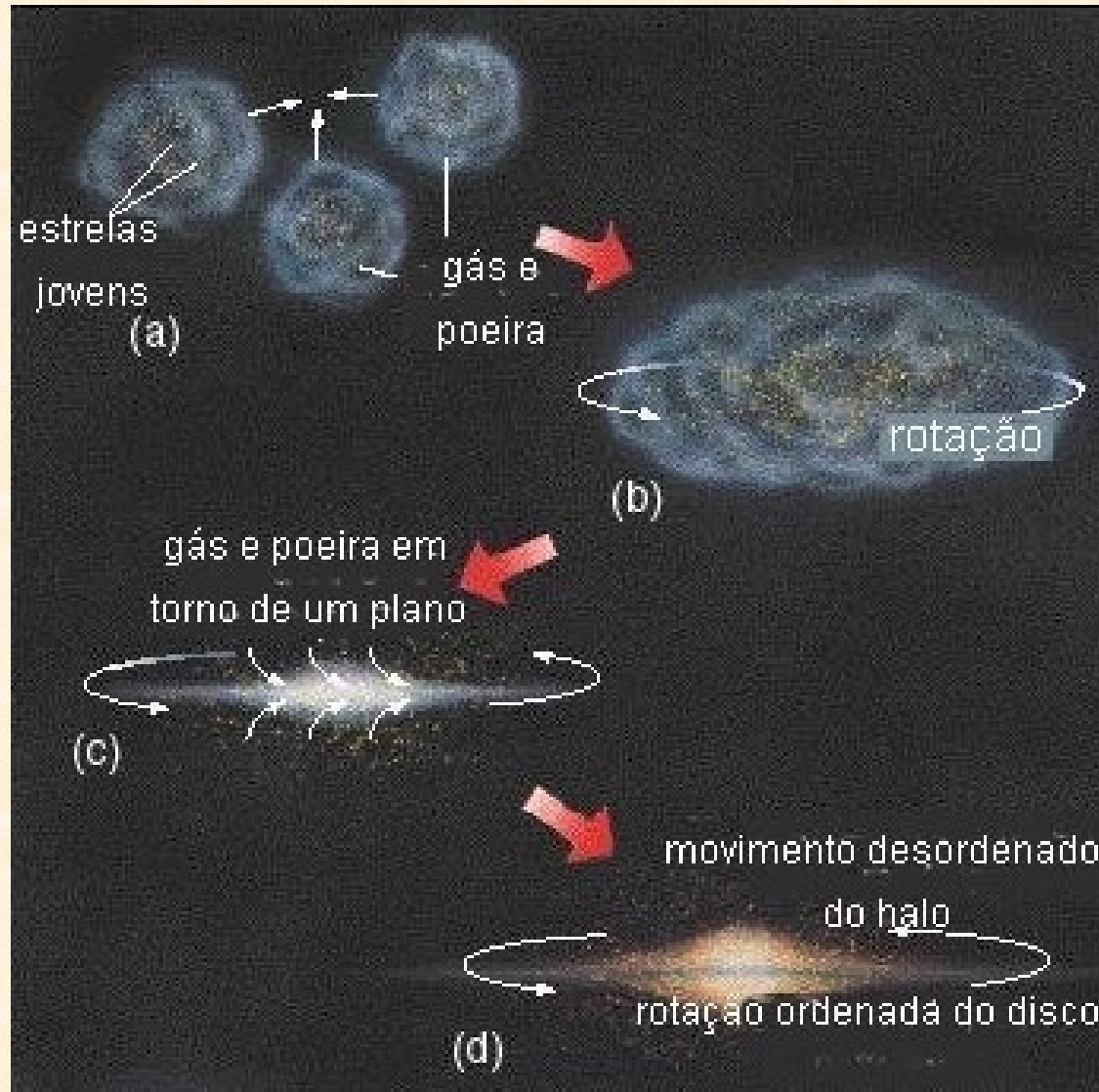
- A massa da Galáxia pode ser 10x maior que o estimado acima ocorre também com outras galáxias: **matéria escura!**

# Natureza da Matéria Escura

- Produtos finais da evolução estelar:
  - Anãs Brancas
  - Estrelas de Neutrons
  - Buracos Negros
  - Massive Compact Halo Objects (MACHOs)
- "Júpiteres"
- Experimentos (em andamento) indicam que estes componentes não constituem toda a matéria escura.
- Outras possibilidades:
  - Partículas elementares massivas
  - Neutrinos com massa,...

# Formação da Galáxia

10 - 15  
bilhões de  
anos atrás



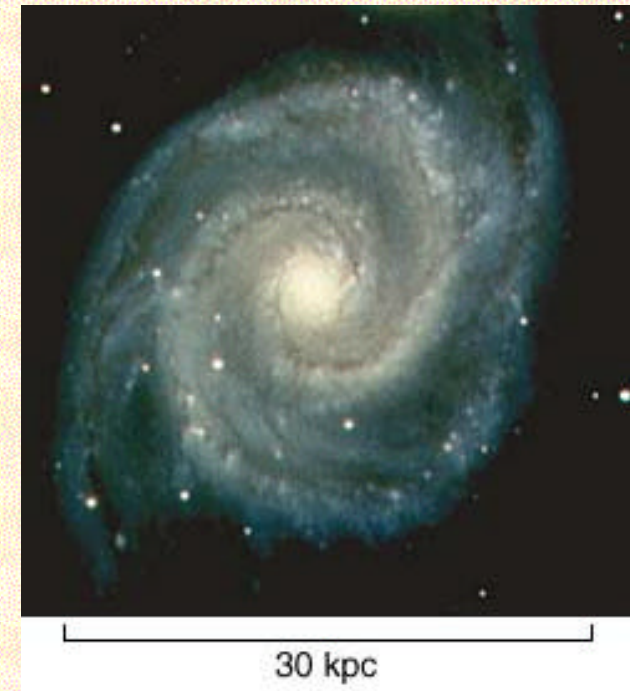
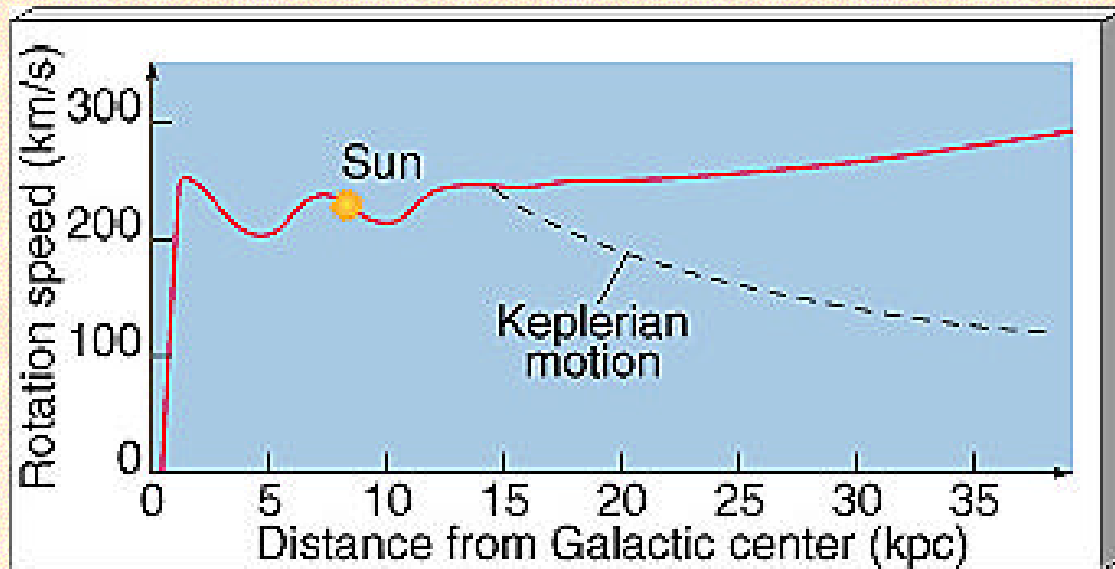
presente

# Atividade - A Via Láctea

Calcule a massa da Galáxia,  $M_G$ , considerando os casos:

- a) distância ao centro galáctico 8,5 kpc e velocidade de rotação de 220 km/s (caso do Sol);
- b) distância ao centro galáctico 15 kpc e velocidade de rotação de 240 km/s (limite visível da Galáxia);
- c) distância ao centro galáctico 40 kpc e velocidade de rotação de 260 km/s.

# Curva de Rotação



Observando o movimento de rotação de uma estrela na periferia da Galáxia, podemos determinar ~ a massa da Galáxia,  $M_G$ , desde que saibamos a distância,  $r$ , dessa estrela ao centro galáctico.



## Caso a) Sol

Supondo que o Sol esteja em órbita circular em torno do centro galáctico com velocidade  $v_{\odot}$ . A força centrípeta do Sol é:

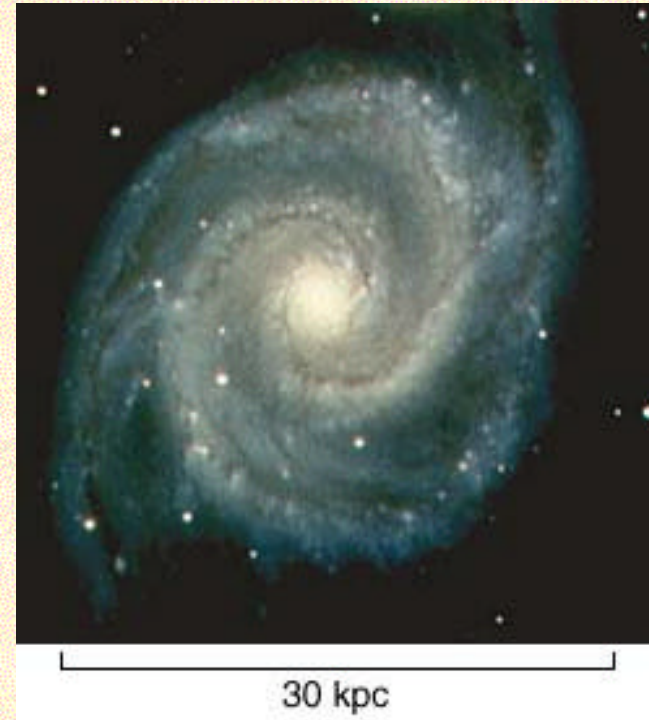
$$F_c = M_{\odot} v_{\odot}^2 / r_{\odot}$$

que é produzida pela atração gravitacional entre o Sol e a Galáxia, dada por:

$$F_G = G M_{\odot} M_G / r_{\odot}^2$$

Igualando as expressões e isolando  $M_G$ , temos:

$$M_G = v_{\odot}^2 r_{\odot} / G$$



$$M_G = v_{\odot}^2 r_{\odot} / G$$

Dados:

$$v_{\odot} = 220 \text{ km/s} = 2,20 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$r_{\odot} = 8500 \text{ pc} = 2,6 \times 10^{20} \text{ m} \quad (1 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{16} \text{ m})$$

$$G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \quad (1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$$

$$1M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$M_G = \frac{(2,2 \times 10^5 \text{ m/s})^2 \times (2,6 \times 10^{20} \text{ m})}{6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2)} = 1,9 \times 10^{41} \text{ kg}$$

$$M_G \sim 10^{11} M_{\odot}$$

Considerando o Sol como uma estrela típica a Via Láctea teria 100 bilhões de estrelas. Este é um limite inferior pois consideramos apenas a massa interna à órbita do Sol.

Caso b) distância ao centro galáctico 15 kpc e velocidade de rotação de 240 km/s (limite visível da Galáxia).

$$M_G = v^2 r / G$$

Dados:

$$v = 240 \text{ km/s}$$

$$r = 15000 \text{ pc}$$

Caso c) distância ao centro galáctico 40 kpc e velocidade de rotação de 260 km/s.

$$M_G = v^2 r / G$$

Dados:

$$v = 260 \text{ km/s}$$

$$r = 40000 \text{ pc}$$

Utilizando a curva de rotação da Galáxia estimamos a massa da Via Láctea em 3 distâncias do centro galáctico.

A velocidade de rotação, em  $r = 40$  kpc,  $\rightarrow M_G \cong 6 \times 10^{11} M_{\odot}$ .

A conclusão é então que a maior parte da massa da Galáxia não está associada à parte luminosa central e sim à sua parte periférica.

Esta foi a primeira indicação de um problema muito maior chamado de matéria escura (que não emite luz).

Esta matéria não é detectada em nenhum  $\lambda$ .  
Só sabemos da sua existência pela força gravitacional que exerce.

Conhecer a natureza da matéria escura é um dos objetivos mais importantes da Astronomia moderna.