

Fundamentos de Astronomia e Astrofísica

A Via Láctea- Massa da Galáxia

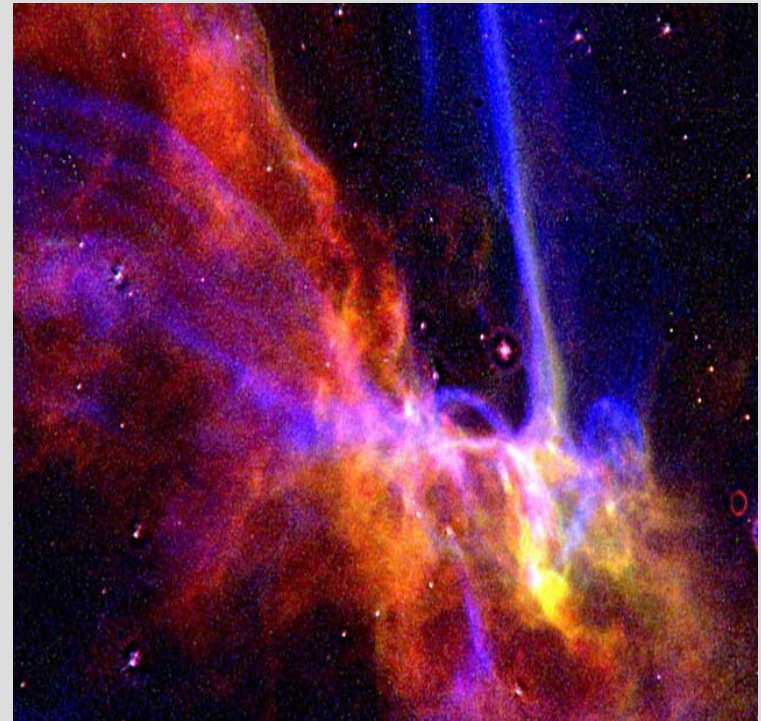
Tibério B. Vale

<http://astro.if.ufrgs.br>

Meio Interestelar

O meio entre as estrelas não é completamente vazio.

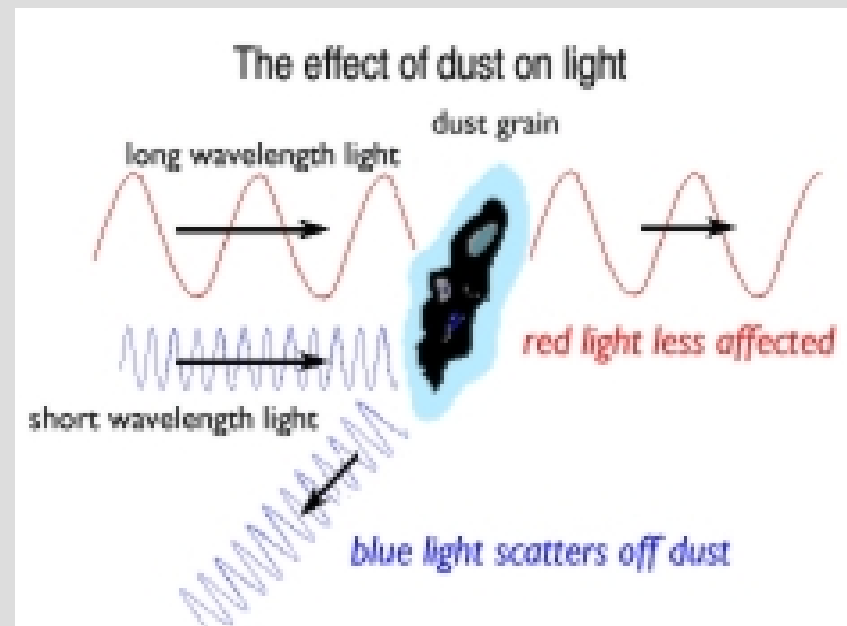
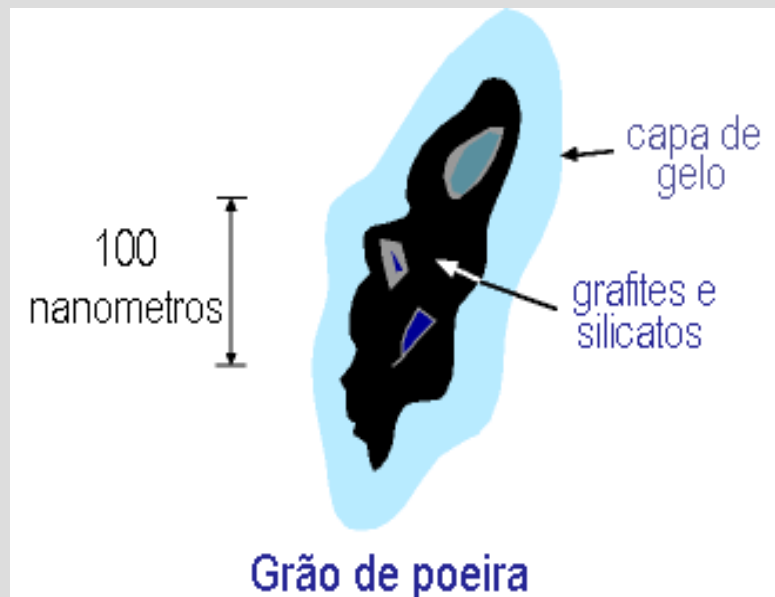
- Tem gás: principalmente hidrogênio atômico, molecular e ionizado
- Tem poeira: principalmente de grafite, silicatos e gelo de água.



Meio Interestelar

Densidades:

- **gás:** tipicamente 1 átomo de hidrogênio (neutro) por centímetro cúbico (para comparação: o ar que respiramos tem 10^{19} átomos/cm³)
- **poeira:** 100 grãos de poeira por quilômetro cúbico (1 trilhão de vezes menos densa do que o gás) (ex: grafite, silicatos, gelo de água)



Meio Interestelar



Imagem do centro da Via Láctea no infravermelho; o campo mostrado cobre um campo de 10x8 graus, e nele foram identificadas quase 10 milhões de estrelas. As bandas escuras são regiões onde a poeira é mais densa. O núcleo da Galáxia é a região mais rosada na parte superior da figura.

Meio Interestelar

Como se encontra a poeira?

- **nebulosas de reflexão:** poeira circundando estrelas (azulada), espectro igual ao da estrela que a ilumina.
- **nebulosas escuras:** na frente de nebulosas de reflexão

nuvens moleculares (misturada com gás)

Nebulosa IC2118



Nebulosa IC434



Meio Interestelar

Como se encontra o gás ?

- **nebulosas brilhantes:** regiões HII, nebulosas planetárias, restos de supernova (avermelhada devido ao $H\alpha$)
- **hidrogênio atômico**

nuvens moleculares (misturado com poeira)

Nebulosa de Carina



Nebulosa de Órion



Nebulosa
NGC604



Meio Interestelar



Meio Interestelar

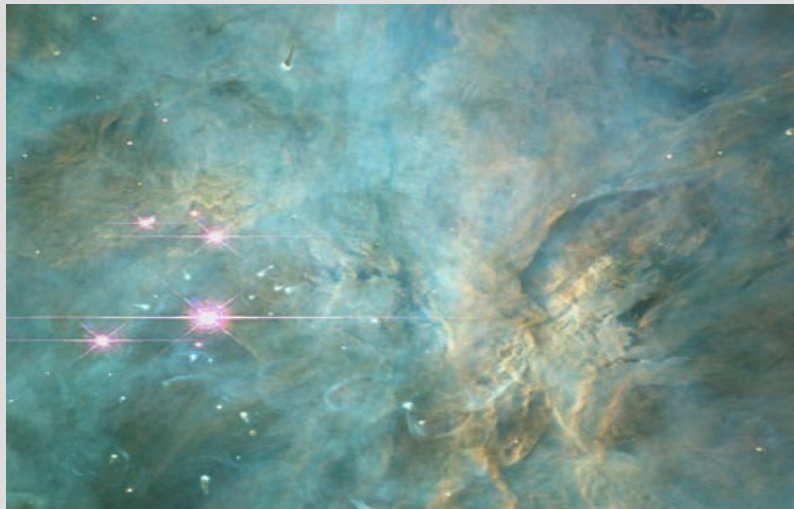


© Philip Perkins 1998

Meio Interestelar

Regiões HII

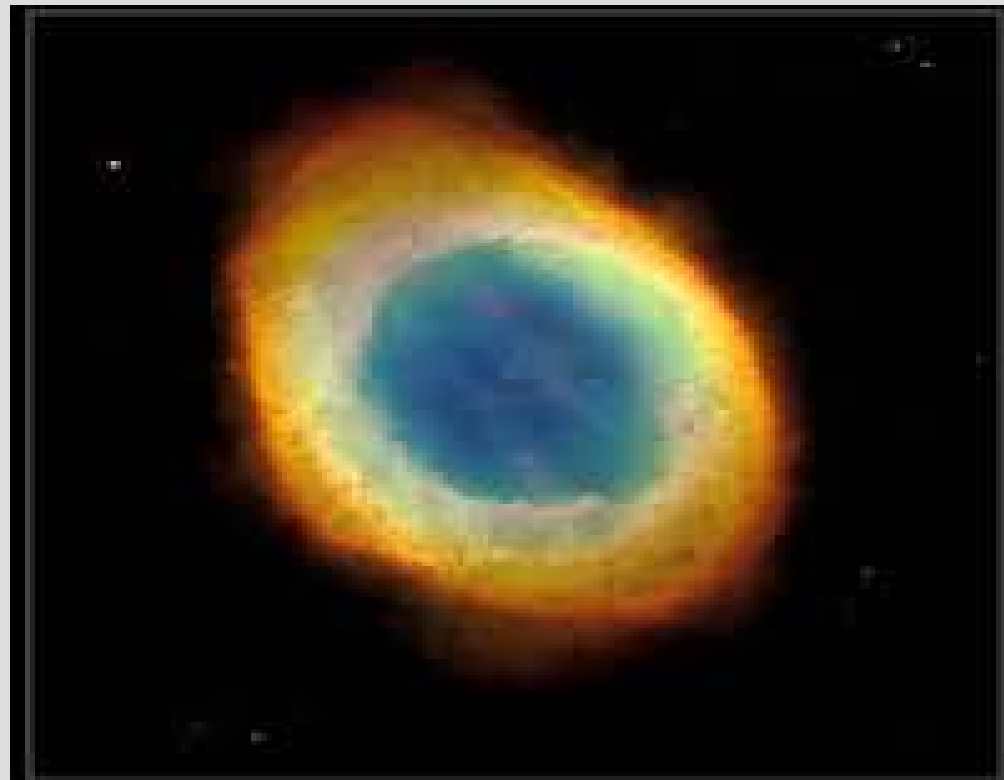
- Compostas por gás hidrogênio ionizado
- Encontrado junto a estrelas O e B, brilha por fluorescência (luz ultravioleta --> luz visível)
- Principal linha de emissão: $\lambda=6563$ Angstroms (óptico)
- Associado a zonas de formação estelar



Meio Interestelar

Nebulosas Planetárias

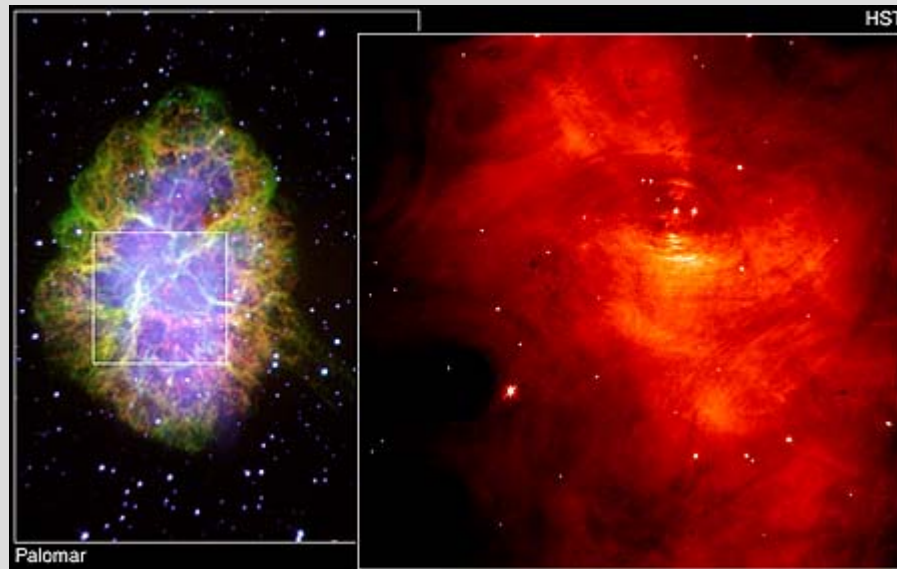
- Final da vida evolutiva de estrelas com menos de 10 massas solares
- Propriedades similares as Regiões H II, porém muito menores



Meio Interestelar

Restos de Supernova

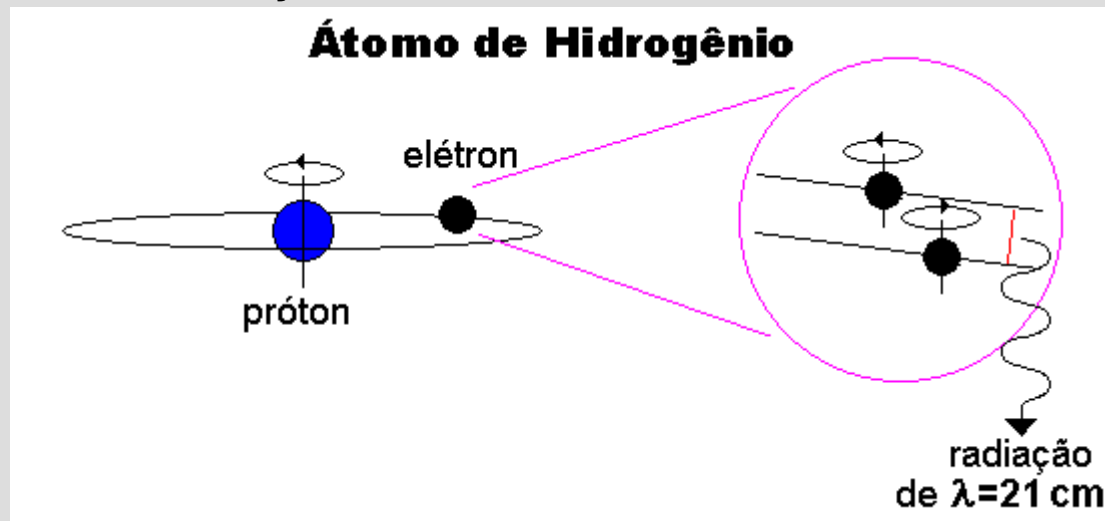
- Final da vida de estrela com massas entre 10 e 25 massas solares
- gás ionizado por colisões
 - emitem em raios-X e em rádio



Meio Interestelar

Hidrogênio atômico

Emite uma linha em 21 cm (1420 MHz) Como o elétron e o próton são cargas elétricas girando, eles criam campos magnéticos locais que interagem, de forma que o estado de menor energia é com spins anti-paralelos. De vez em quando (1 vez a cada 500 anos) um átomo colide com outro, ganhando energia e ficando num estado excitado de spins paralelos. Quando volta ao estado fundamental (o que pode levar milhões de anos) emite a radiação de 21 cm.



Meio Interestelar

Nuvens moleculares

- Contém moléculas de H₂, CH, CO, e outras.
- Dão origem a novas estrelas
- Geralmente encontram-se imersas em regiões HII.



Meio Interestelar

Nebulosas escuras

Melhor observáveis no infravermelho

Aparência como regiões com deficiência de estrelas

Nebulosas de reflexão

Nuvens de poeira junto a estrelas quentes,

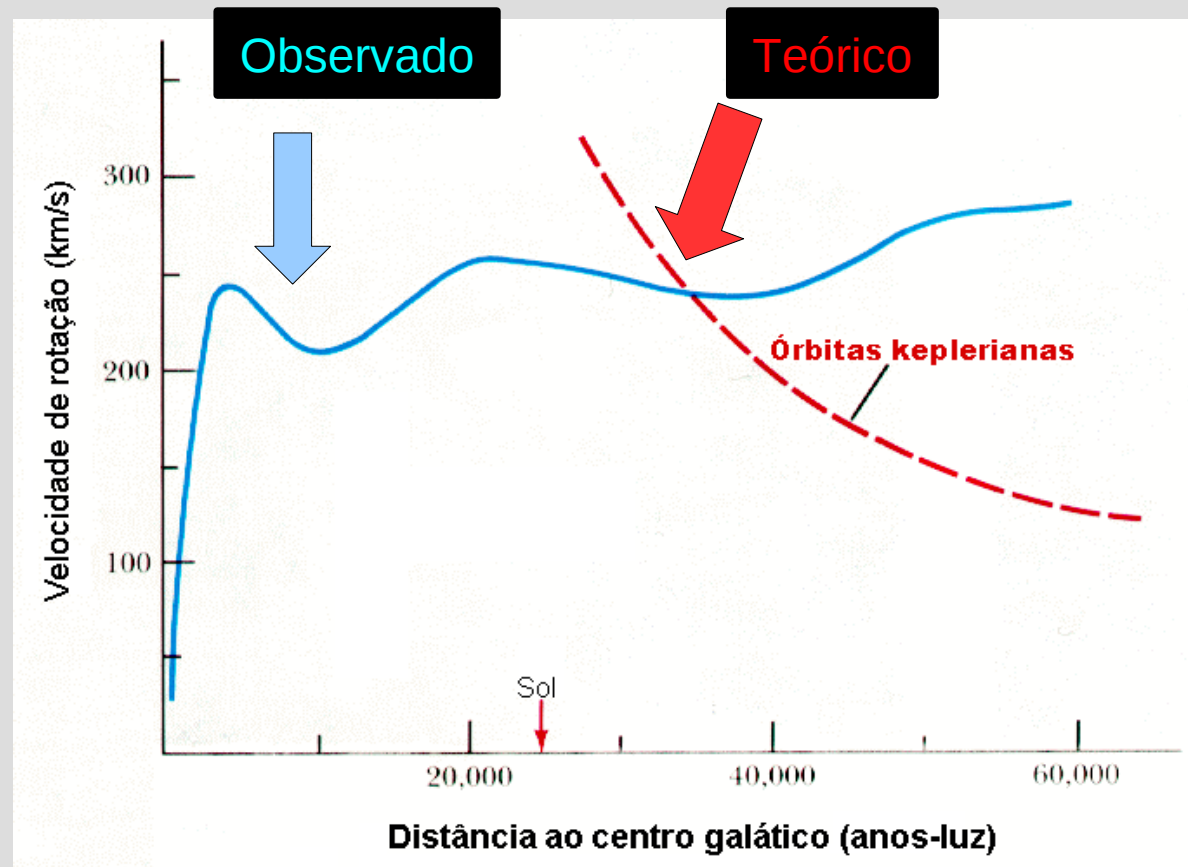
Brilham porque refletem a luz azul das estrelas



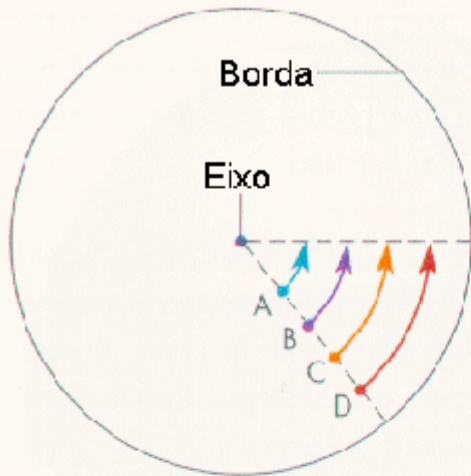
A Curva de rotação da Via-Láctea

O Sol, as outras estrelas, as nebulosas gasosas, e tudo o que faz parte da galáxia, gira em torno do centro galáctico movido pela atração gravitacional da grande quantidade de matéria localizada no C.G.

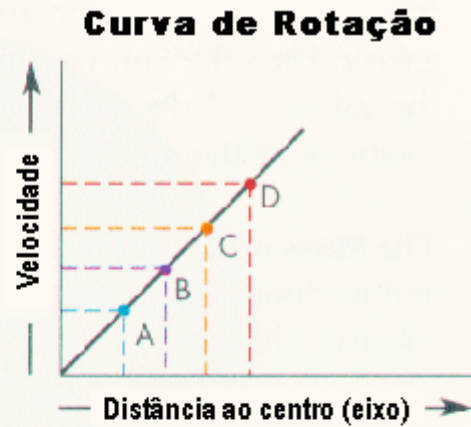
Órbitas Keplerianas: da mesma forma que os planetas giram em torno do Sol.



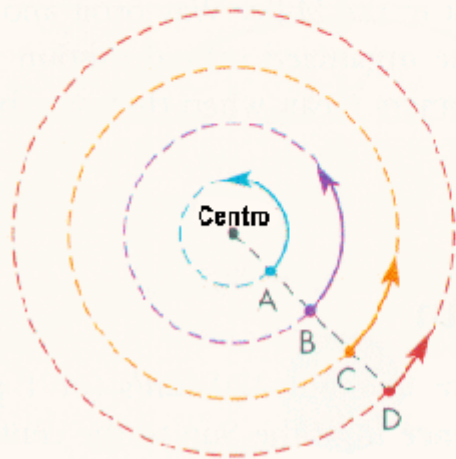
A Curva de rotação da Via-Láctea



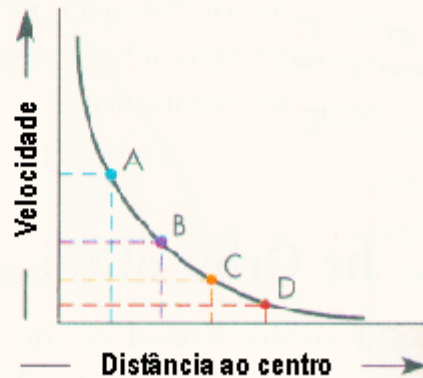
Rotação rígida



Disco em rotação

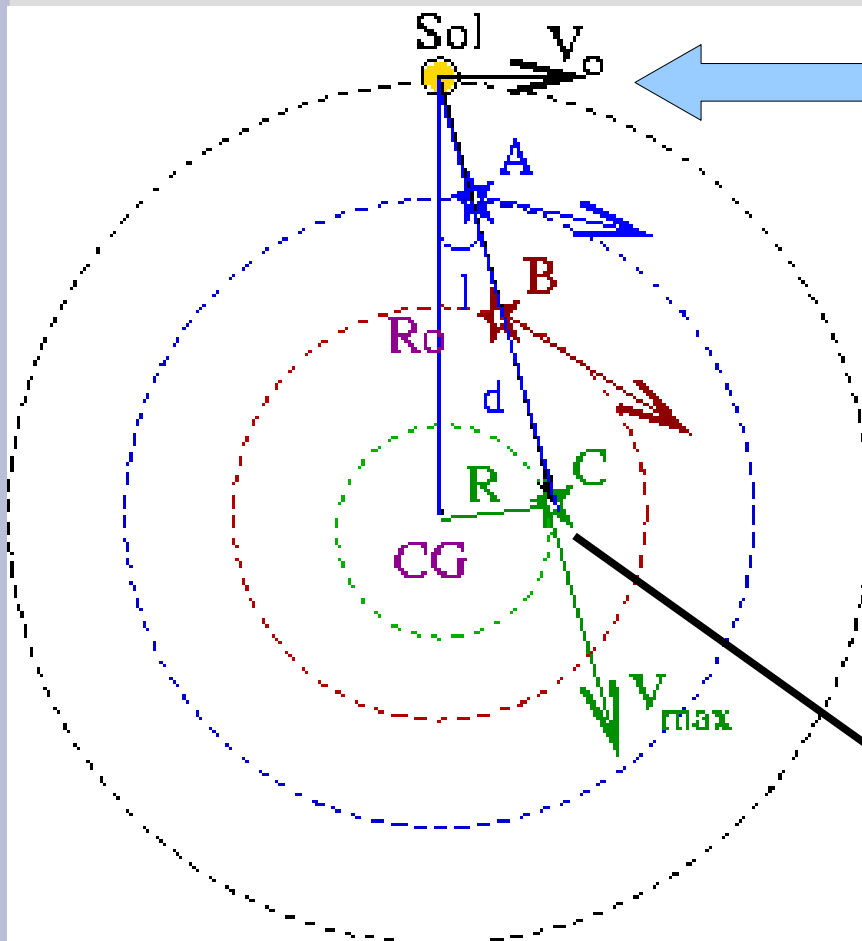


Rotação kepleriana



Terra em torno do Sol

Obtendo a Curva de rotação da Via-Láctea



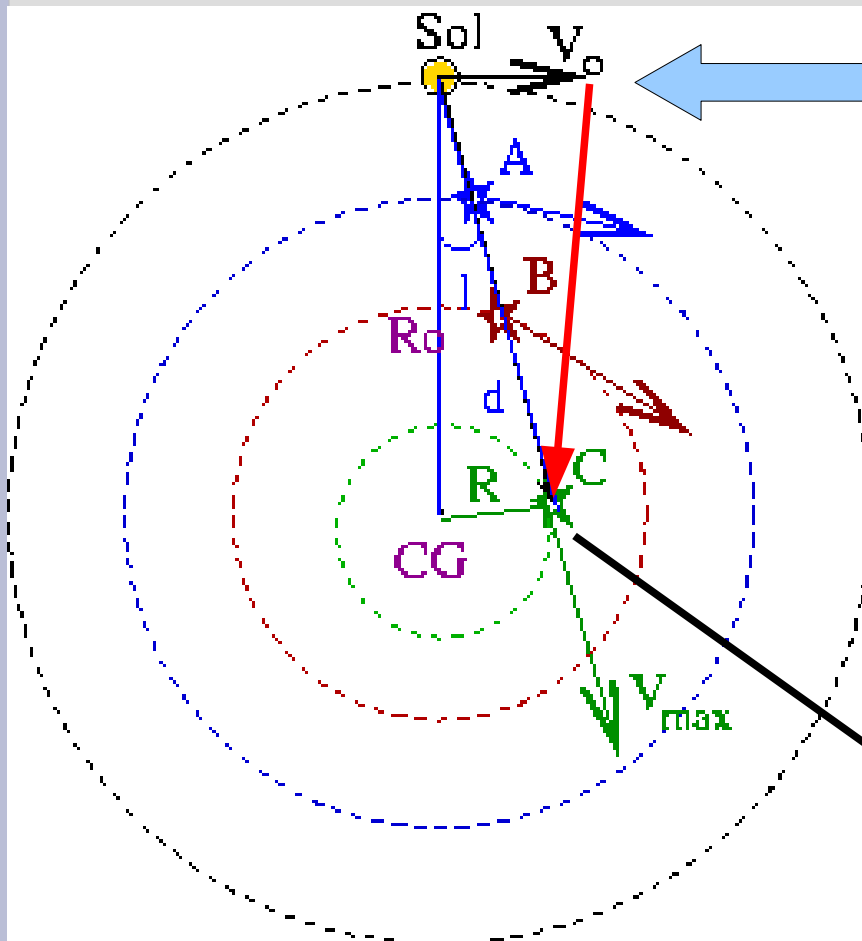
Menor velocidade de rotação

Para uma certa longitude galáctica l , a componente radial da velocidade de cada estrela, medida a partir do Sol, aumenta à medida que diminui a distância galactocêntrica da estrela;

quando a velocidade radial for máxima a distância galactocêntrica é mínima para as estrelas a essa longitude.

$$R = R_0 \sin(l)$$

Obtendo a Curva de rotação da Via-Láctea



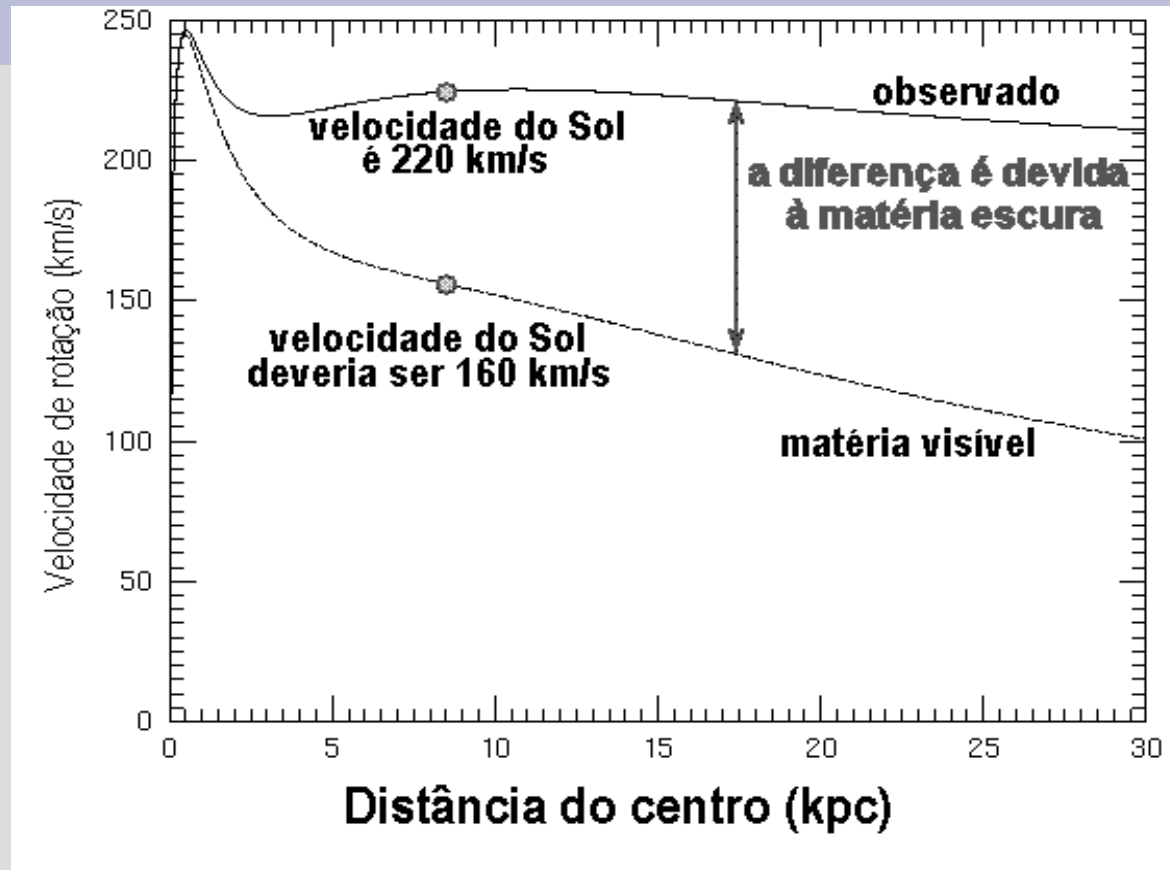
Menor velocidade de rotação

Para uma certa longitude galáctica l , a componente radial da velocidade de cada estrela, medida a partir do Sol, aumenta à medida que diminui a distância galactocêntrica da estrela;

quando a velocidade radial for máxima a distância galactocêntrica é mínima para as estrelas a essa longitude.

$$V = V_{\max} - V_0 \sin(l)$$

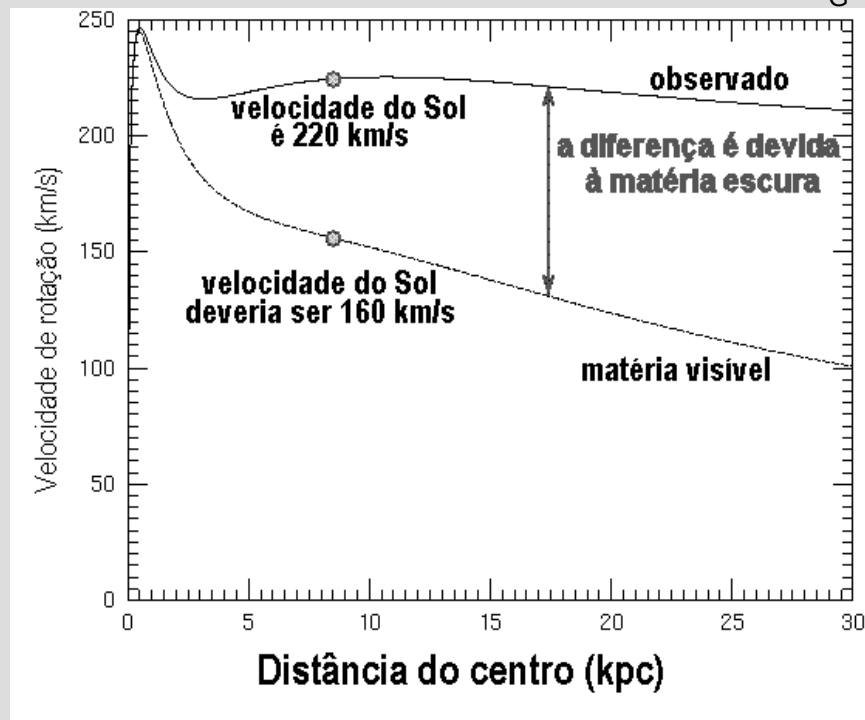
A curva de rotação da Galáxia



Através de observações em rádio, os astrônomos mediram o movimento do gás no disco, até distâncias além do limite visível da Galáxia, e determinaram, assim, a curva de rotação da Galáxia, que é a velocidade de rotação em função da distância ao centro.

A curva de rotação da Galáxia

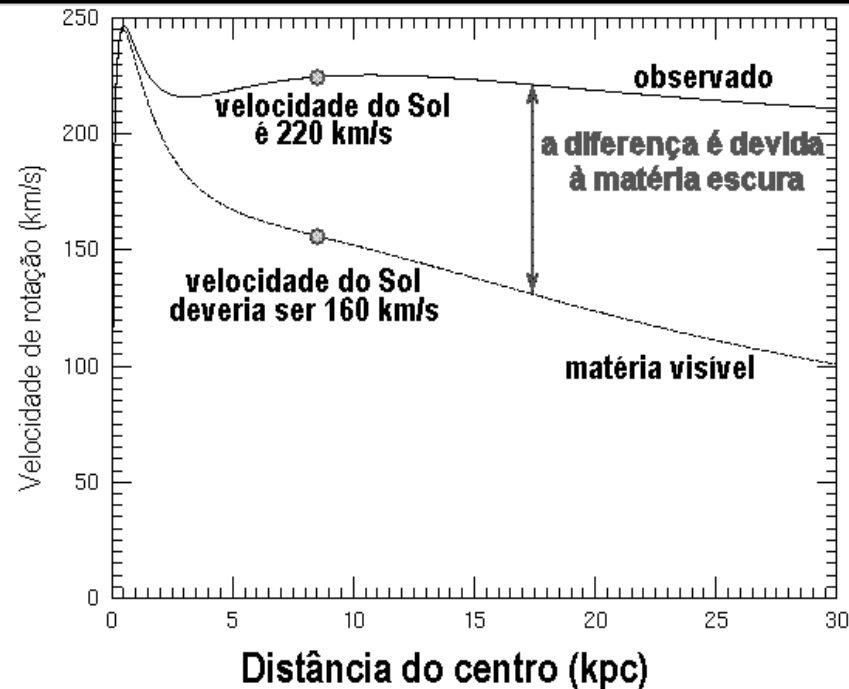
- Como a matéria diminui, a curva de rotação deveria cair na periferia da Galáxia.
- Mas não é isso que acontece. Pelo contrário, a curva de rotação aumenta ligeiramente para distâncias maiores, o que implica que a quantidade de massa continua a crescer.
- A velocidade de rotação, à distância de 40 kpc implica em $M_G = 6 \times 10^{11} M_{\text{Sol}}$



A curva de rotação da Galáxia

Nossa Galáxia contém matéria não-visível?
Sim, 2/3 não é visível!!! (luminosa)

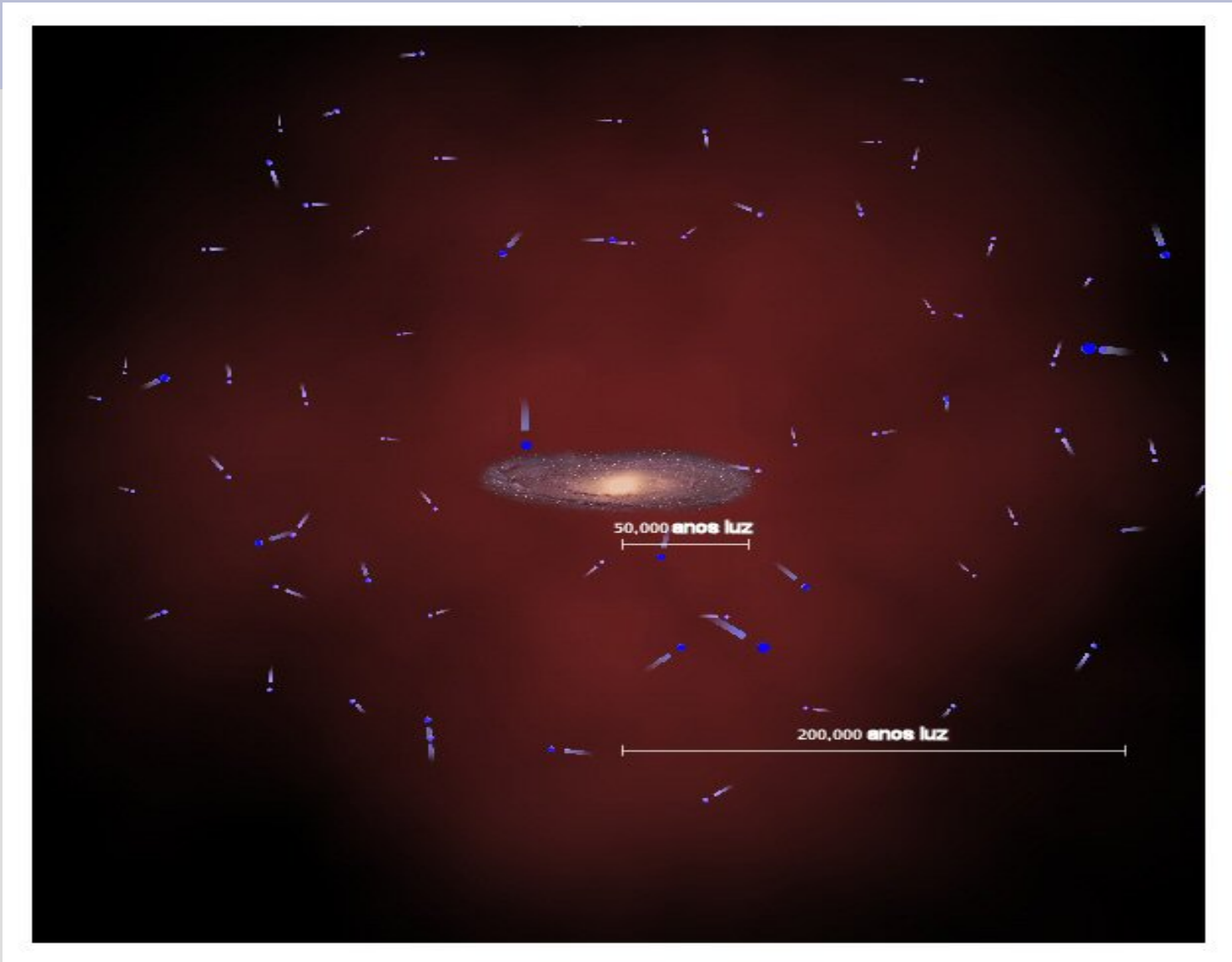
E se estende muito além da matéria visível.



Matéria escura (não luminosa)



Matéria escura (não luminosa)



Matéria escura (não luminosa)

Aglomerado da Bala

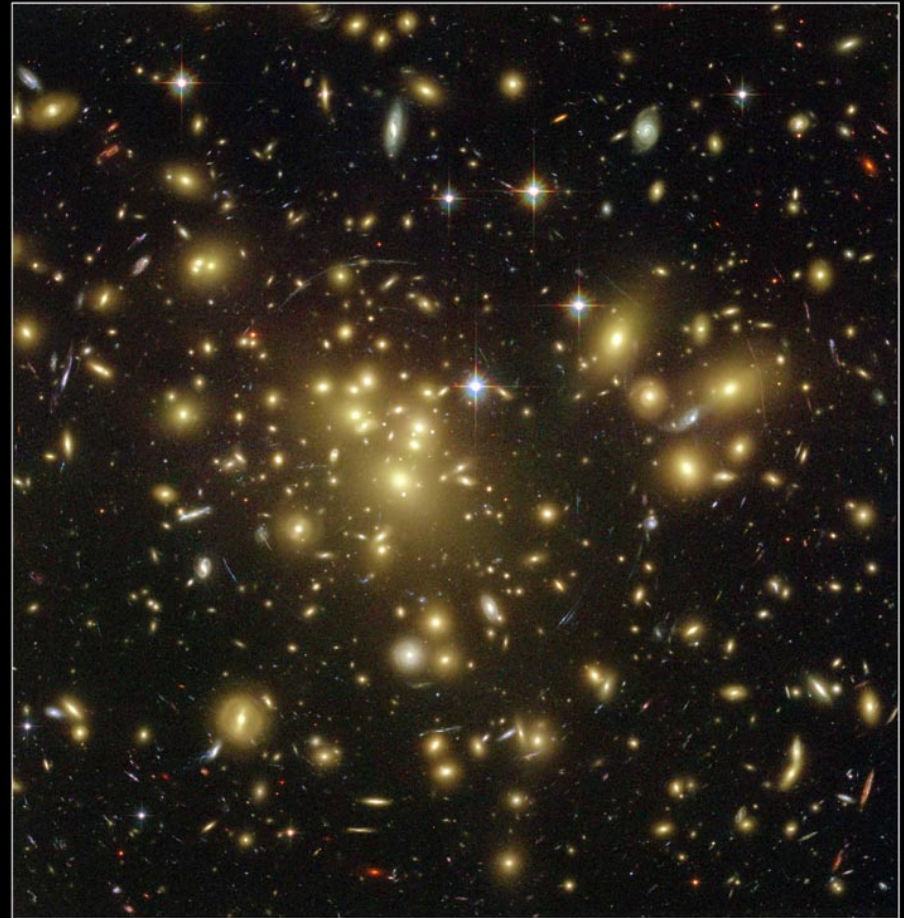


Composição de imagens da NASA de um choque de aglomerados de galaxias. A suposta **matéria escura** é representada em azul, a partir de seus efeitos gravitacionais, e da **matéria comum**, em vermelho, detectada por raios-x.

Matéria escura (não luminosa)

Detectada por efeitos de lentes gravitacionais (Agosto 2006)

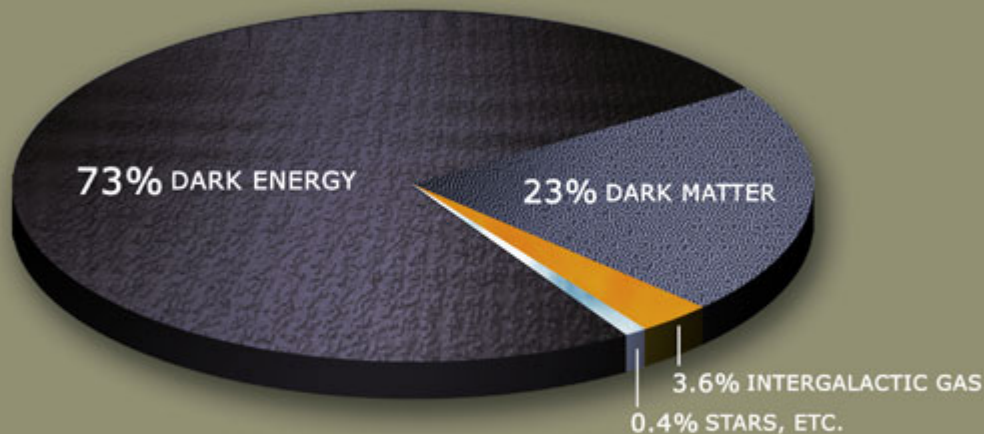
Veja Mais em:
http://en.wikipedia.org/wiki/Dark_matter



Galaxy Cluster Abell 1689
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

NASA, N. Benitez (JHU), T. Broadhurst (The Hebrew University), H. Ford (JHU), M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), G. Illingworth (UCO/Lick Observatory), the ACS Science Team and ESA
STScI-PRC03-01a

Matéria escura (não luminosa)



Distribuição estimada de matéria escura e energia escura no universo

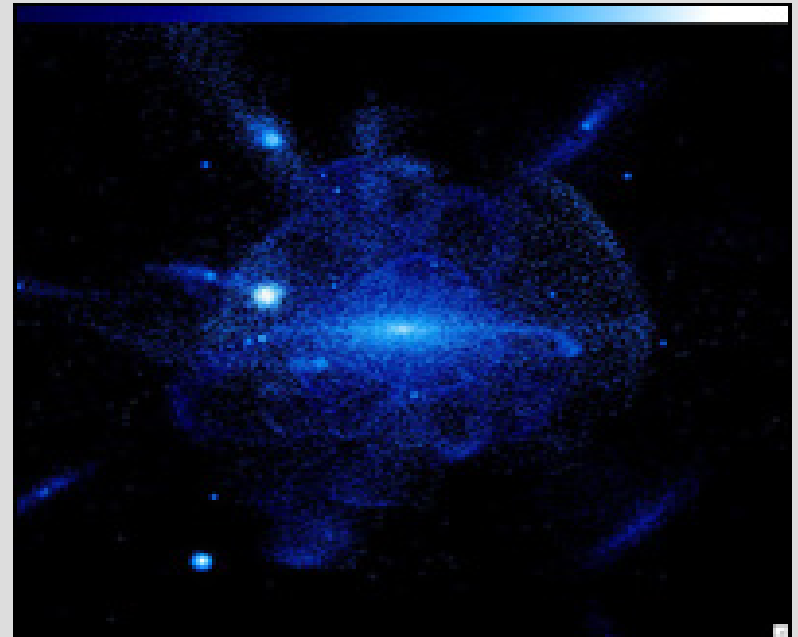
Energia escura é uma forma hipotética e exótica de energia presente em todo o espaço e tende a aumentar a taxa de expansão do universo.

Veja mais em: http://en.wikipedia.org/wiki/Dark_energy

Matéria escura (não luminosa)

Xiangxiang Xue

2401 estrelas azuis brilhantes (do ramo horizontal) distribuídas a até 60 kpc do centro de nossa Galáxia



$$M(<60 \text{ kpc}) = (4,0 \pm 0,7) \times 10^{11} M_{\text{Sol}}$$

Massa do Halo

$$(1,0 \pm 0,3) \times 10^{12} M_{\text{Sol}}.$$