

AGA 0316

A vida no contexto cósmico

Amancio Friaça
2024



Um panorama do universo

1. Unidades de distância
2. Ângulos
3. Números astronômicos
4. Estruturas astronômicas

Unidades de distância

- **quilômetro (km)** = 1000 m = 10^5 cm
- **Unidade Astronômica (UA)** = a distância média entre a Terra e o Sol
$$1 \text{ UA} = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$$
- **Ano-luz (AL)** = a distância que a luz viaja em um ano no vácuo
$$D = c t \quad c = 300.000 \text{ km/s}$$

$$1 \text{ AL} = 9,5 \times 10^{15} \text{ m}$$
- **Parsec (pc)** = 3.3 AL (1 kpc = 1000 pc; 1 Mpc = 1.000 kpc)

Ângulos

Ângulos e tempos são os dados astronômicos primordiais

- 180 graus = π radianos
- 1 grau = 60 minutos de arco = 3600 segundos de arco
- Exemplo 1: quantos segundos tem o ângulo $\theta = 23^\circ 12' 19''$?
resposta: $\theta = 23 \times 60 \times 60 + 12 \times 60 + 19 = 83.539$ arcsec
- Exemplo 2: quantos radianos tem em 1 arcsec?
 π radianos = 180 graus = 180×3600 arcsec
1 arcsec = $\pi / (180 \times 3600) = 4,848 \times 10^{-6}$ radianos
- Para ângulos pequenos, $\text{sen}(\theta) \sim \text{tan}(\theta) \sim \theta$
(θ em radianos)

Grandes Números

Nossa galáxia possui ~100 bilhões (10^{11}) de estrelas.
No Universo observável há ~ 100 bilhões (10^{11}) de galáxias.
No Universo observável há portanto $\sim 10^{22}$ estrelas
Um balde cheio de areia possui ~1 bilhão (10^9) de grãos de areia.
Cem baldes cheios de areia terão ~100 bilhões (10^{11}) de grãos de areia que é ~ igual o número de estrelas na galáxia.
Em todas as praias do mundo há em torno de 10^{23} grãos de areia!).

Número de neurônios no corpo humano $\sim 10^{11}$
Número de células no corpo humano $\sim 10^{14}$
Número de prótons em um grama de hidrogênio = 6×10^{23}
Número de prótons no corpo humano $\sim 6 \times 10^{23} \times (70 \times 10^3 \text{ g}) \sim 4 \times 10^{28}$
Número de prótons no Universo observável $\sim 10^{78}$

Tamanhos Astronômicos

Os pesos e medidas da astronomia foram obtidos de modo indireto em um longo percurso histórico

Massas

Massa da Terra: $6,0 \times 10^{24}$ kg

Massa do Sol: $2,0 \times 10^{30}$ kg

Massa da Galáxia: $4 \times 10^{11} M_{\text{sol}}$ ($r < 35$ kpc)

Comprimentos

Raio da Terra: $6,4 \times 10^6$ m

Raio do Sol: $7,0 \times 10^8$ m

Distância Sol-Terra: $1,5 \times 10^{11}$ m (= 1 UA)

Distância Sol-Plutão: 39,5 UA (semi-eixo maior)

Distância Sol-Próxima Centauri: 1,3 pc

Distância Sol-centro da Galáxia: 8,5 kpc

Diâmetro do disco da Galáxia: ~ 50 kpc

Diâmetro do Grupo Local de Galáxias: ~ 1 Mpc

Estruturas Astronômicas

- O Sol e o Sistema Solar
- Estrelas e nebulosas
- A Via Láctea
- Galáxias
- Grupos e aglomerados
- Estruturas em grandes escalas
- O Fluxo de Hubble

A Terra

- Raio médio:

$$R_{\oplus} = 6378 \text{ km}$$
$$= 6,378 \times 10^6 \text{ m}$$

- Massa:

$$M_{\oplus} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

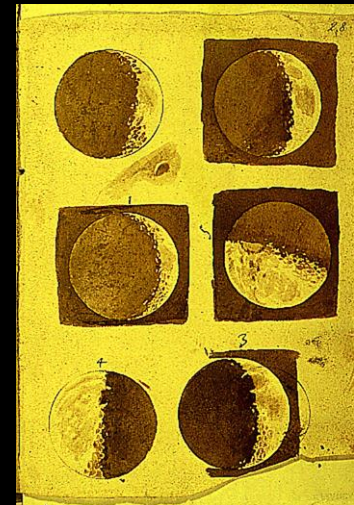
- Distância média ao Sol

$$1 \text{ UA (AU)} = 149,6 \text{ milhões km}$$
$$= 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$$



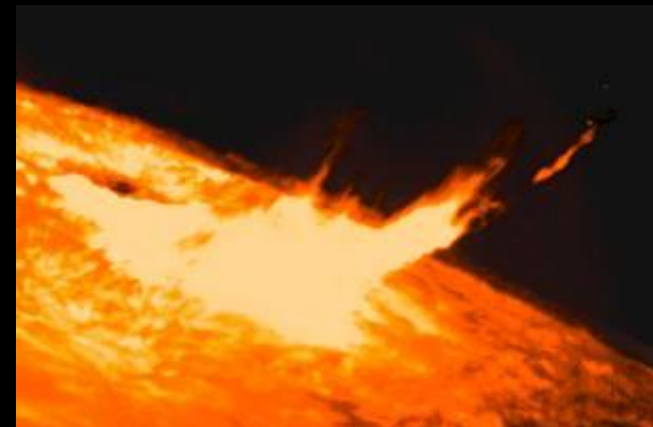
A Lua

- Satélite natural da Terra
- Distância média da Terra:
384.401 km
- Massa:
 $7,353 \times 10^{22}$ kg
- Raio médio:
1.738 km
- Massa da Lua/Massa da Terra:
81,2

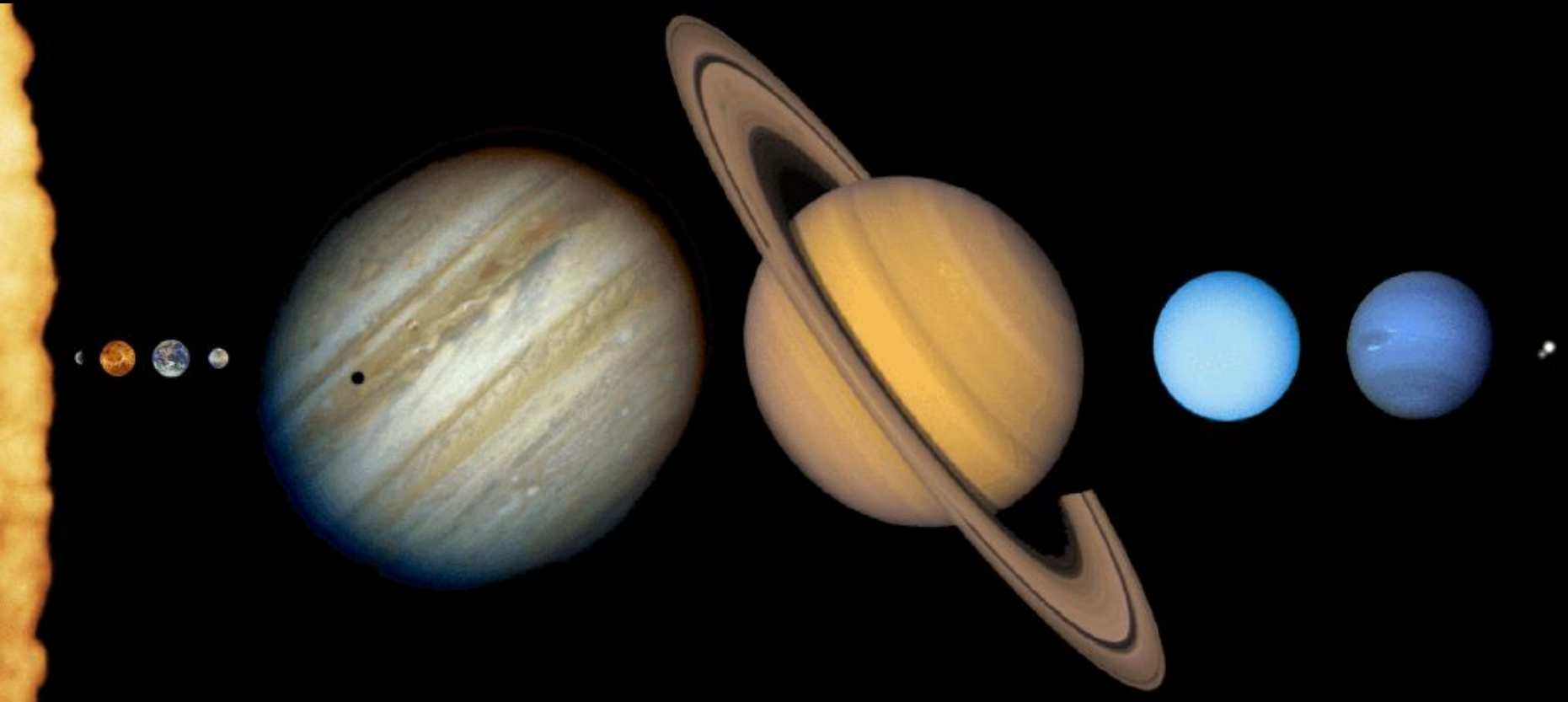


O Sol (um padrão astronômico)

- Raio Solar: $R_{\odot}=6,96\times 10^8$ m
= 696.000 km
= $103 R_{\oplus}$
- Massa Solar: $M_{\odot}=1,989\times 10^{30}$ kg
= 333.000 M_{\oplus}
= 99% massa do Sistema Solar
- Densidade média = $1,410$ g/cm³
- Luminosidade Solar:
 $L_{\odot}=3,827\times 10^{26}$ Watt
- Temperatura superficial = 5800 K
- Temperatura central = $1,55 \times 10^7$ K
- Tipo G2 V



Tamanhos relativos dos planetas

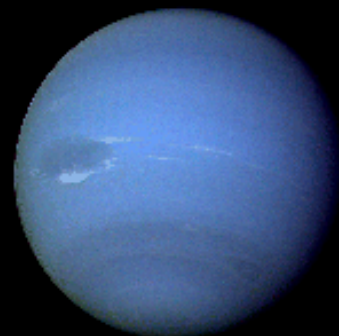
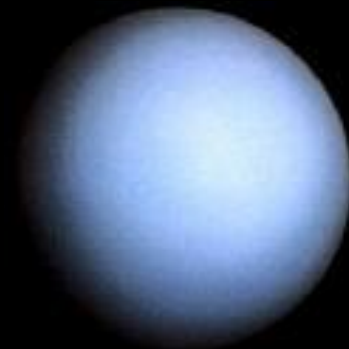
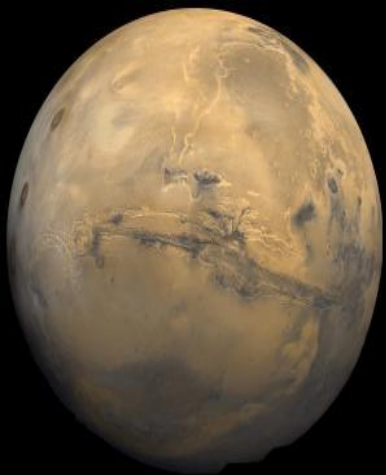
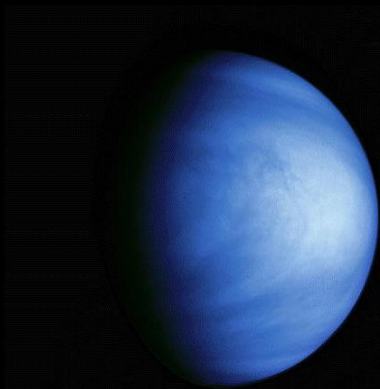
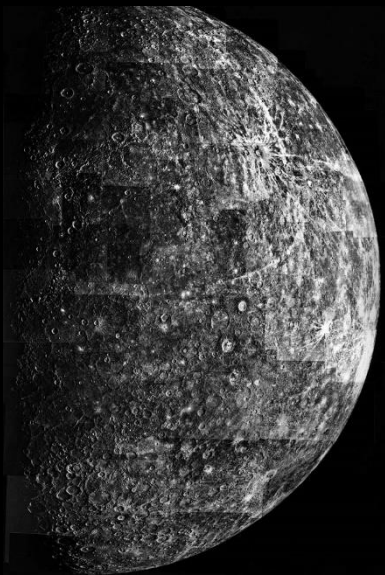


Raio de Júpiter (Equador): $R_J = 71.492 \text{ km} = 11,2$ raios terrestres

Massa de Júpiter: $M_J = 1,8986 \times 10^{27} \text{ kg} = 317,8$ massas terrestres

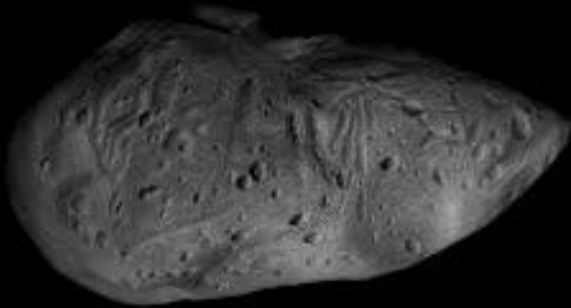
Raio Solar/Raio de Júpiter = 9,74

Massa Solar/Massa de Júpiter = 1048

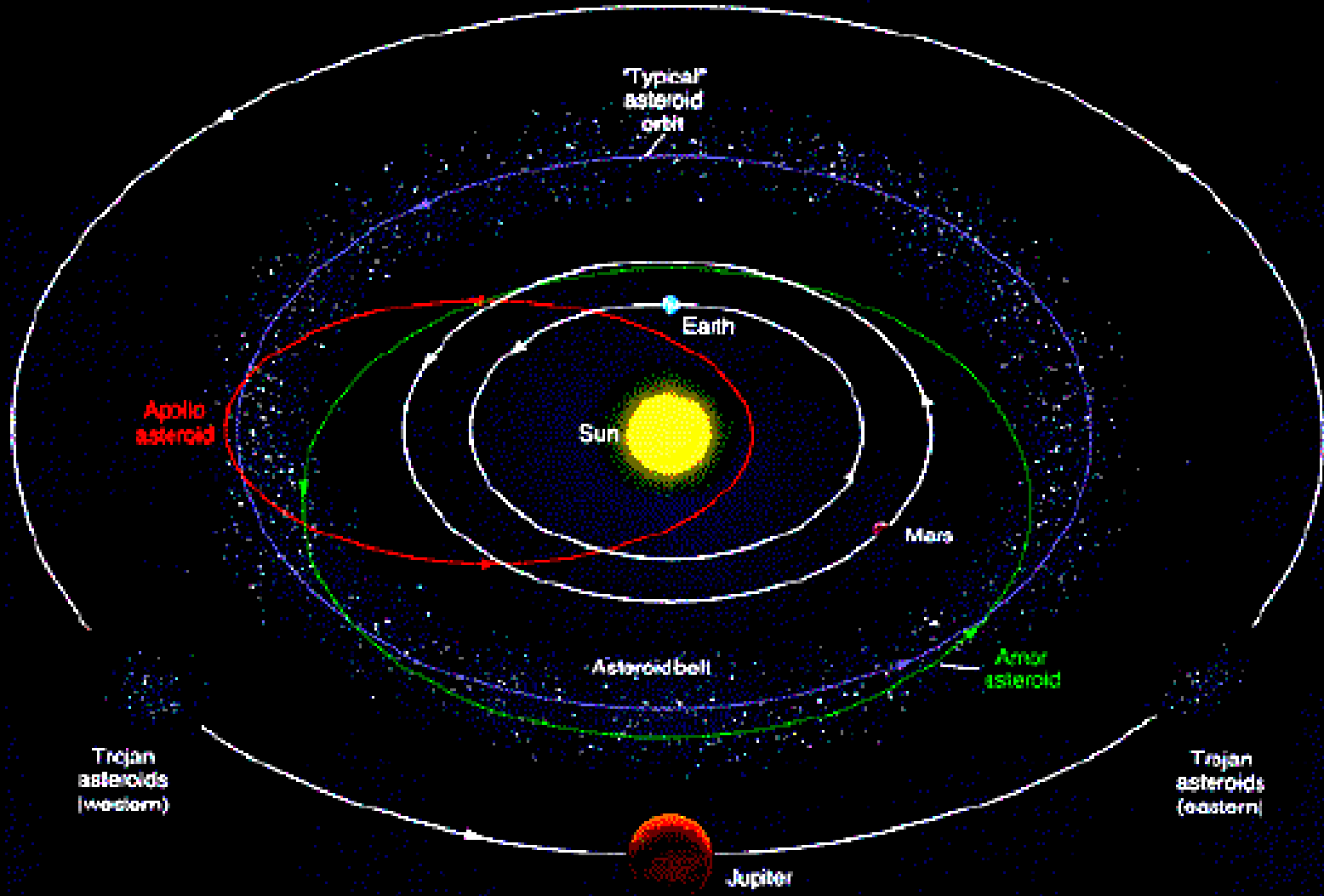


Asteróides

- Asteróide Graspá
20 x 12 x 11 km



Cinturão



cometas

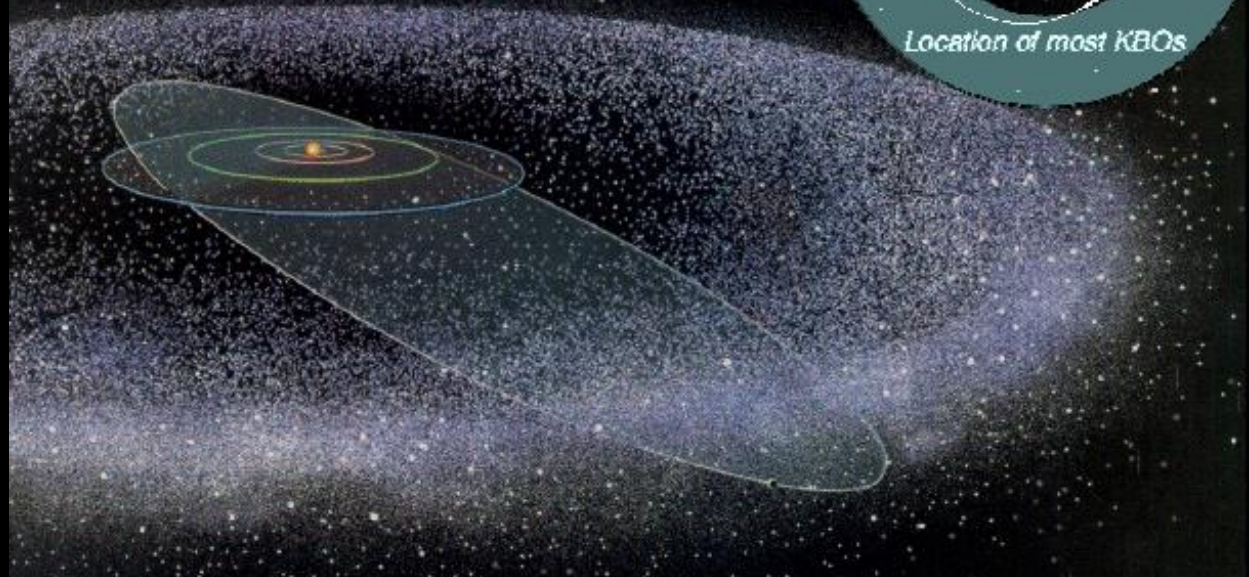
C/1975 V1 (West)

Cometas e Objetos do Cinturão de Edgeworth-Kuiper

© www.harmisy.freeuk.com

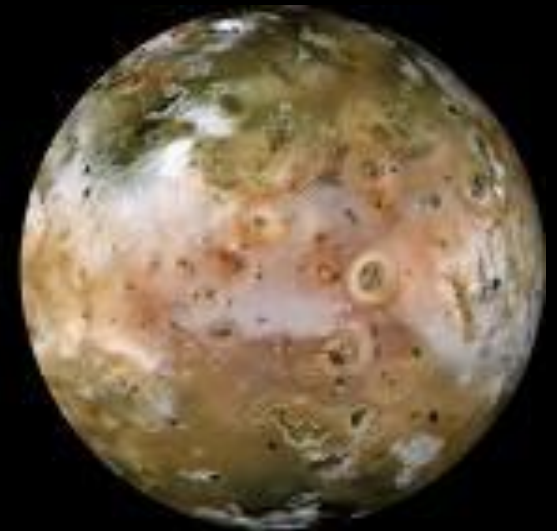


Muitos cometas vêm do Cinturão de Kuiper





Satélites



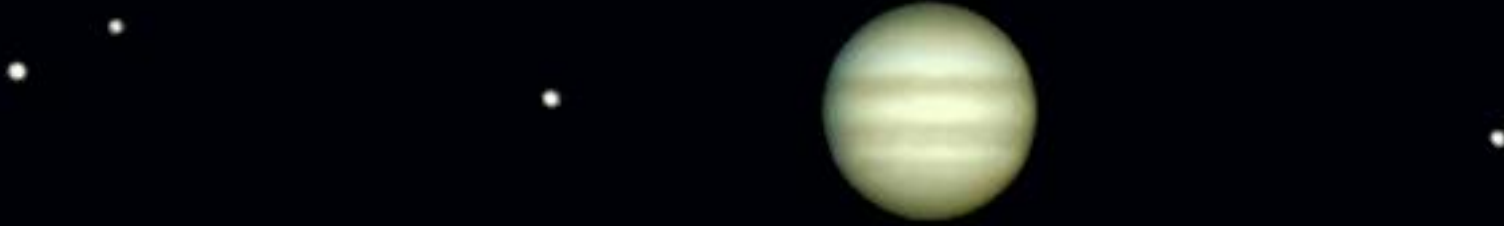
Massa de Ganimedes = $1,4819 \times 10^{23}$ kg

(Massa de Mercúrio = $3,3011 \times 10^{23}$ kg)

Massa de Júpiter/ Massa de Ganimedes = 12.812

(Massa da Lua/Massa da Terra = 81,2)

JÚPITER e os Satélites Galileanos



Os grandes satélites do Sistema Solar



Mercury

4880 km



Ganymede

5262 km



Titan

5150 km



Moon

3476 km

Os limites do Sistema Solar: a nuvem de Oort

Muitos cometas vêm do Cinturão de Kuiper e da Nuvem de Oort

Raio da nuvem de Oort
~1/3 AL

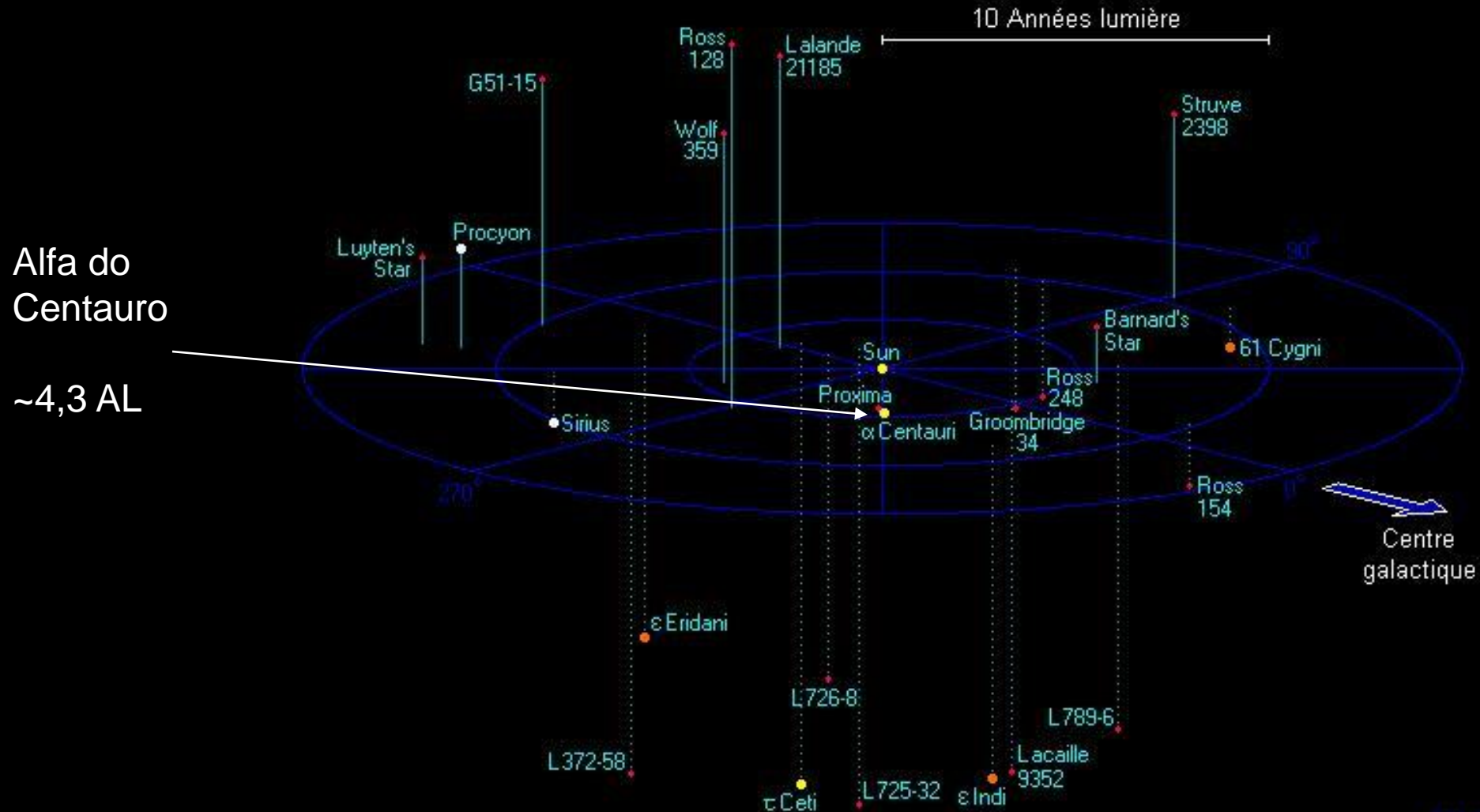


The Oort Cloud (comprising many billions of comets)

A large, spherical cloud of small bodies (comets) surrounding the Sun, extending far beyond the Kuiper Belt. A blue line points from the Oort Cloud to the Kuiper Belt diagram above.

Oort Cloud cutaway
drawing adapted from
Donald K. Yeoman's
illustration (NASA, JPL)

Estrelas próximas



Aglomerados Estelares

Aglomerados globulares
(antigos; > 10 Ganos)
M3



Aglomerados abertos
(jovens; < 1 Gano)
Caixa de Jóias



Águia →



Nuvens interestelares

- Estrelas nascem em grandes nuvens no meio interestelar



Nebulosa de Orion

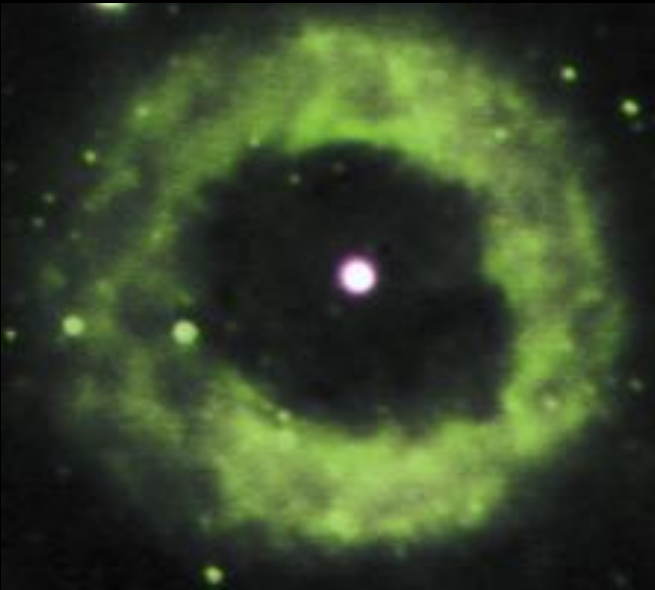


Nebulosa de Carina



A morte das estrelas

- O Sol, quando morrer, vai devolver ao meio interestelar gás “enriquecido” por metais produzidos em reações nucleares em seu interior



Nebulosa planetária
NGC6369

Um esquema de nossa galáxia



1kpc = 1000 pc = 3260 anos luz

Galáxias espirais



Formação ativa
de estrelas

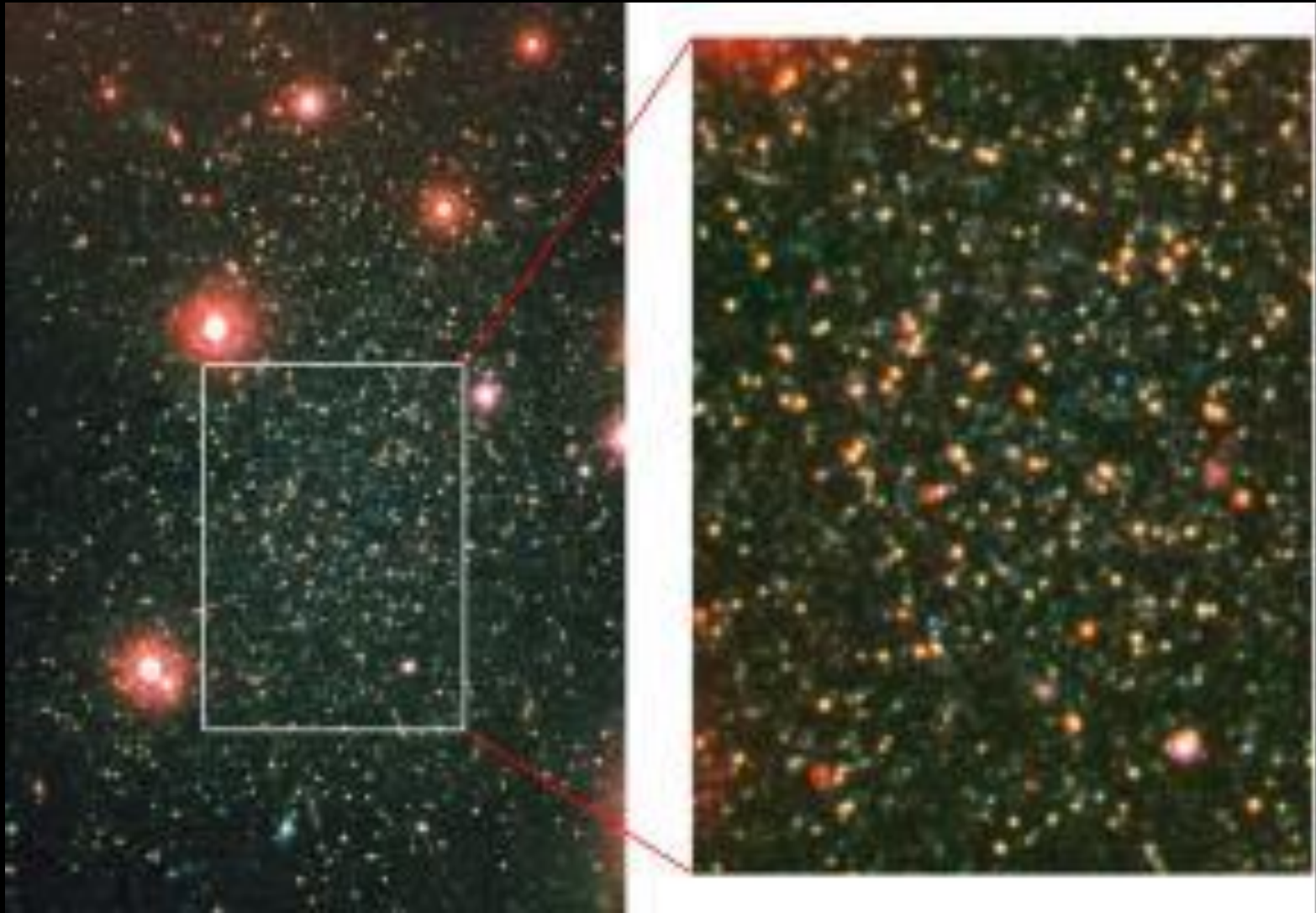


Galáxias elípticas

Estrelas velhas



Galáxias anãs



And IV

Galáxias satélites: as nuvens de Magalhães



Grande Nuvem



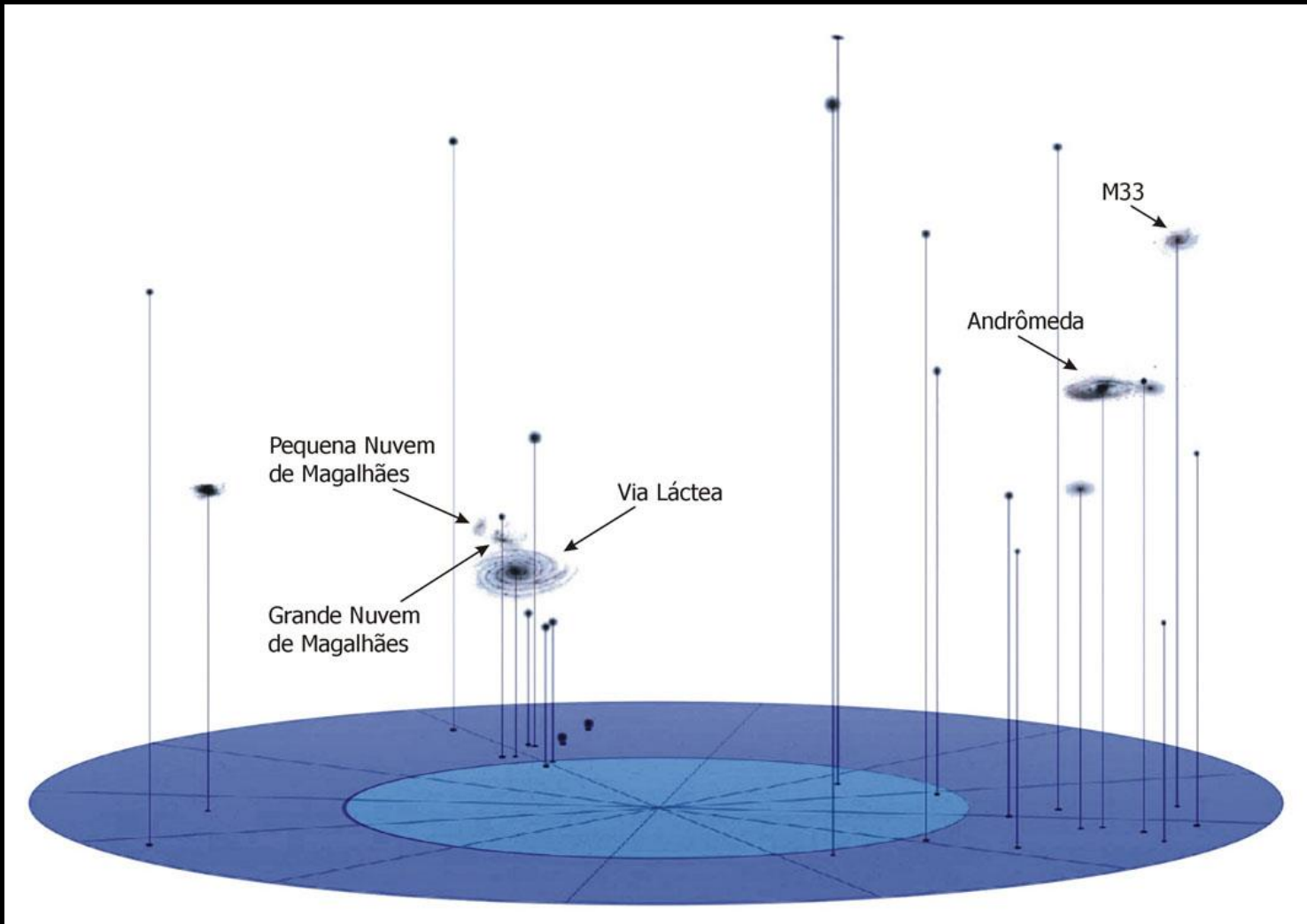
Pequena Nuvem



Andrômeda e 2 satélites



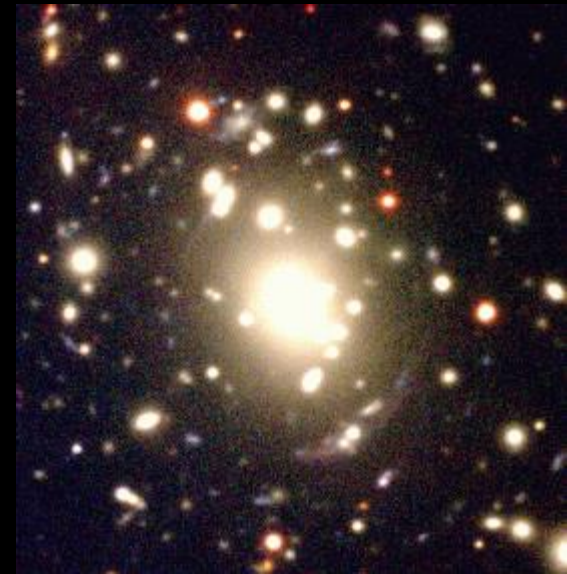
O Grupo Local de Galáxias



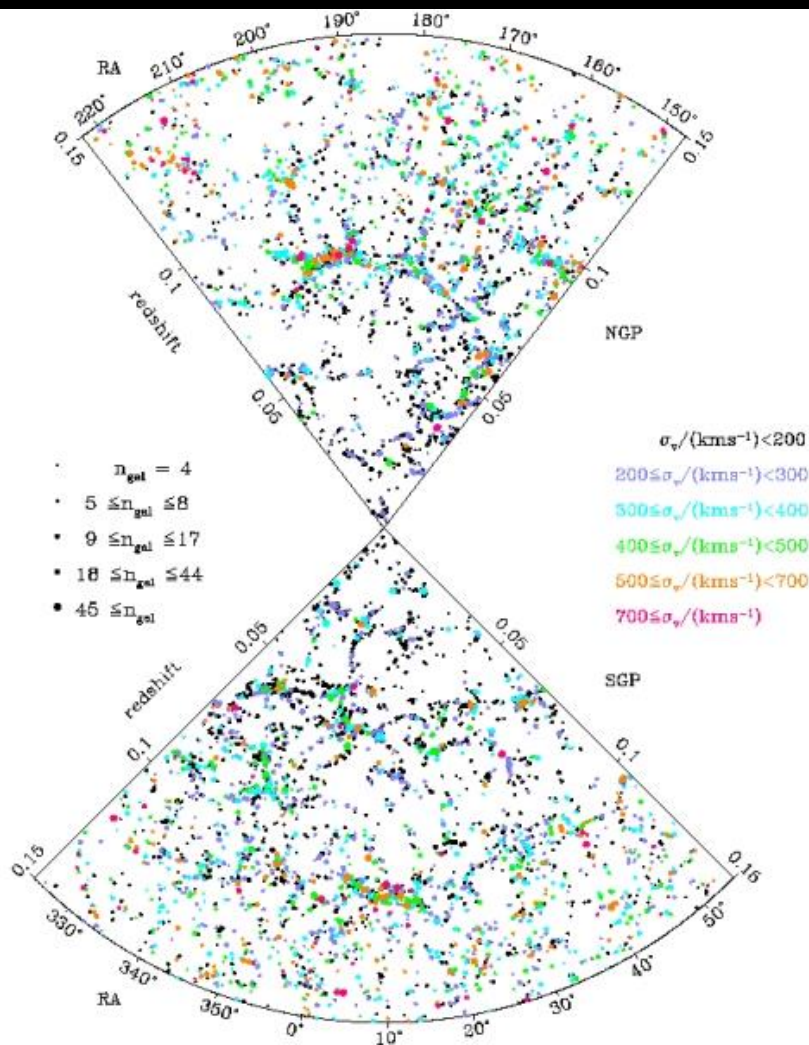
Aglomerados de galáxias



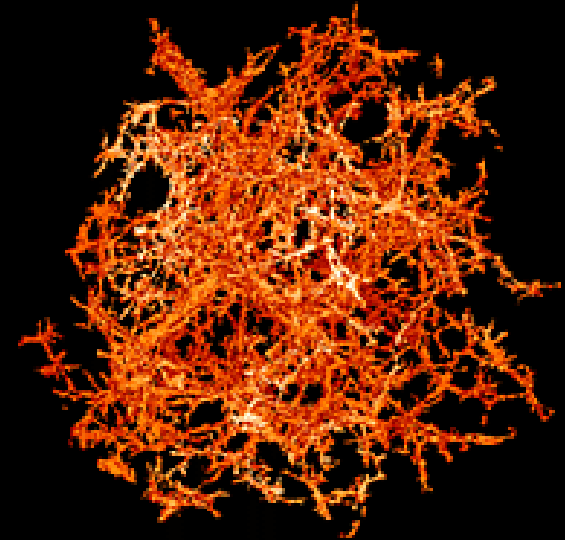
$10^2 - 10^3$ galáxias brilhantes
Tamanhos ~ alguns Mpc
Massas ~ $10^{14} - 10^{15} M_{\text{sol}}$



Estruturas em grandes escalas

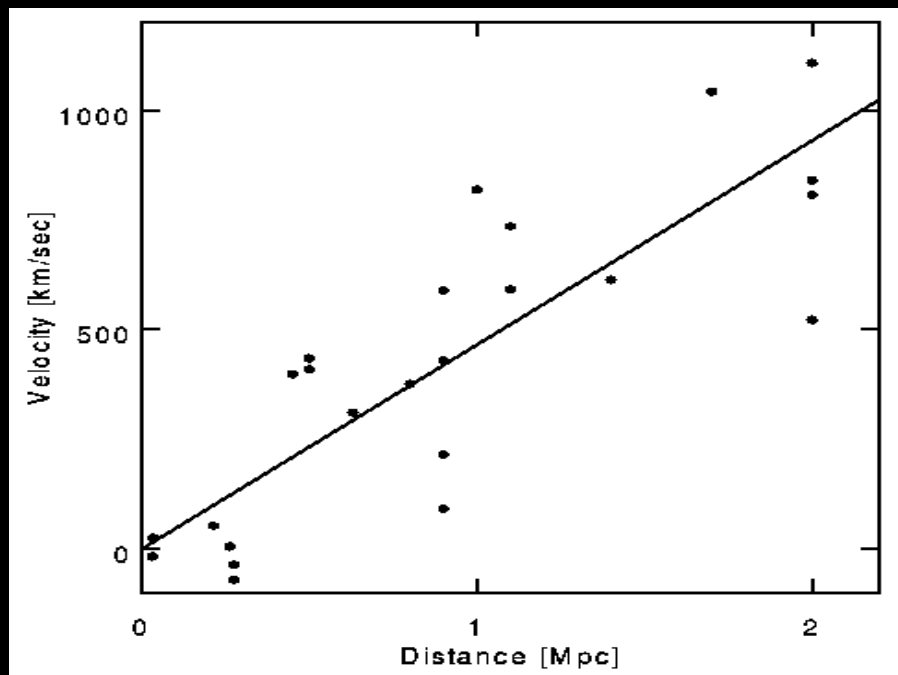


Filamentos e vazios

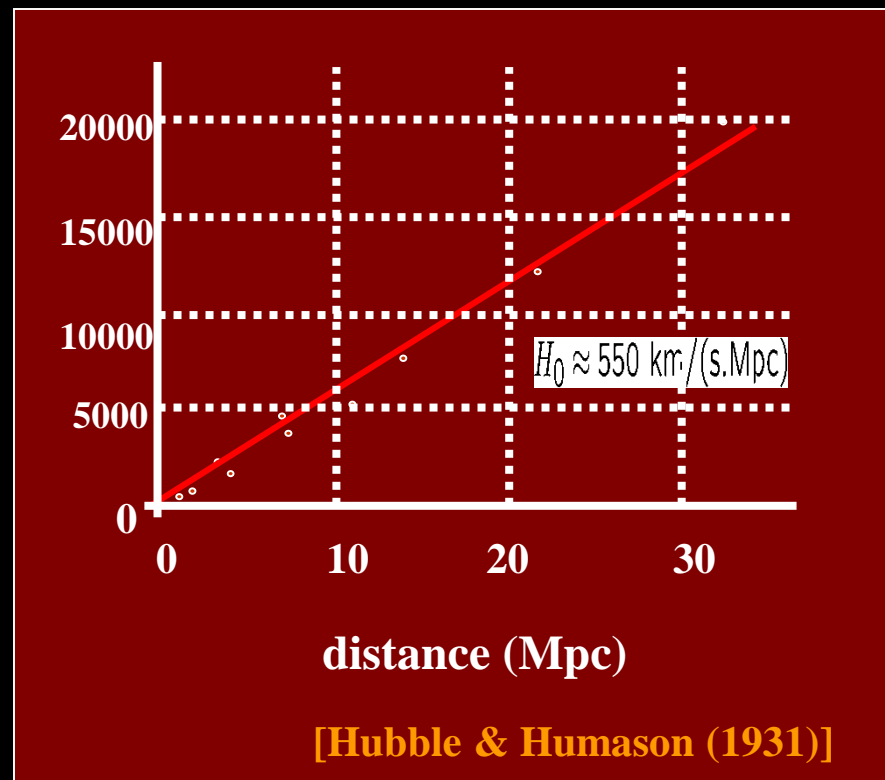


Escalas: centenas de Mpc

A lei de Hubble.



[Hubble (1929)]



[Hubble & Humason (1931)]

Hubble

$h = 0.72 \pm .03 \pm .07$ Freedman et al. (Hubble Key Project)
 $h = 0.57 \pm .02$ Sandage, Tammann, et al.

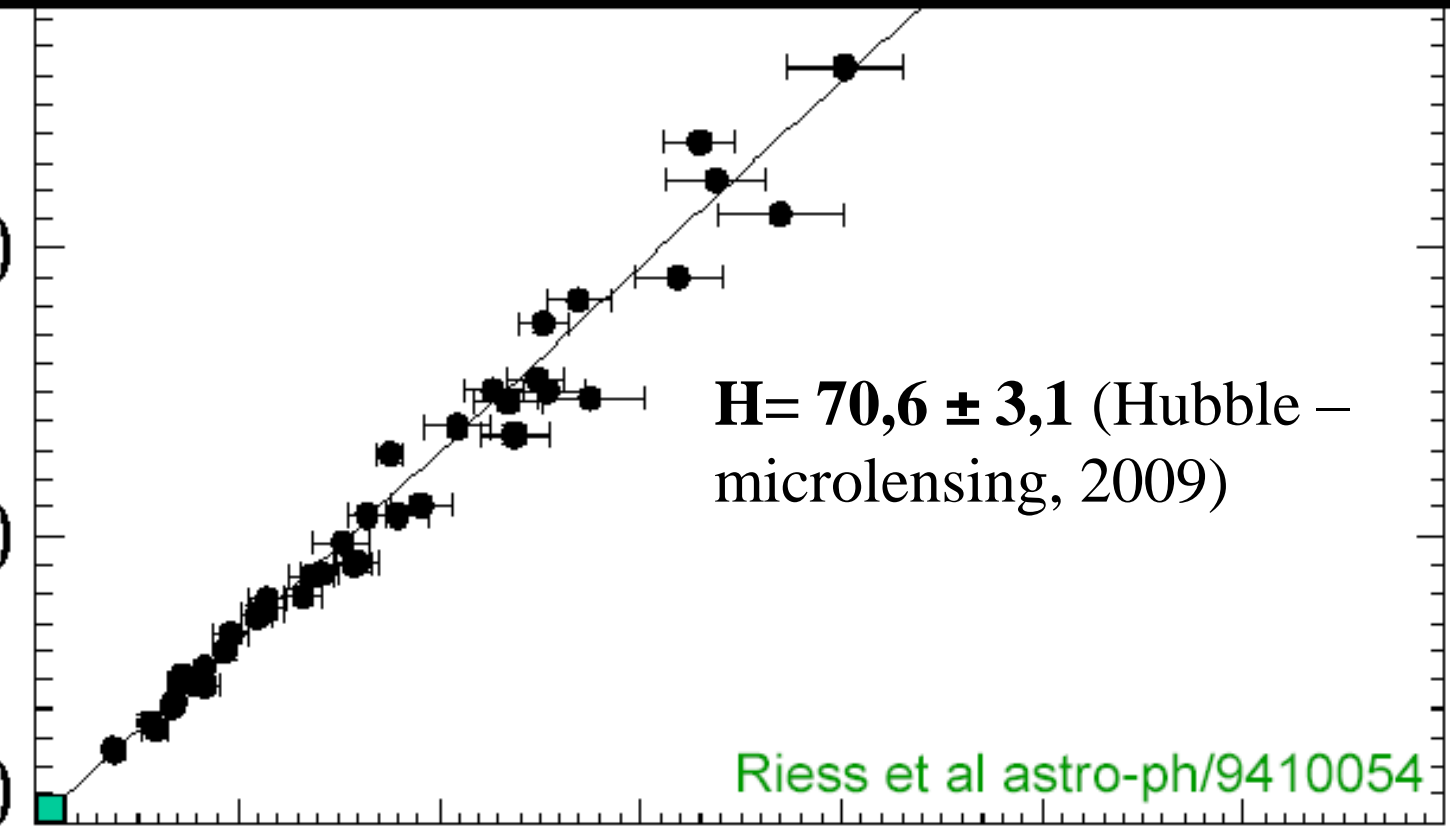
Velocity (km/sec)

Hubble's data

$H = 70,6 \pm 3,1$ (Hubble – microlensing, 2009)

Riess et al astro-ph/9410054

Kolb



0 100 200 300 400 500 600 700
Distance (Mpc)

Distância ou tamanho	Simbolo	Valor	Valor Relativo
Raio da Terra	R_T	6371 Km	
Raio do Sol	R_S	696000 Km	100 R_T
Distância Terra - Sol	AU	150×10^6 Km	200 R_S
1 parsec	pc	3.09×10^{13} Km	200000 AU
Estrela + próxima	R_*	1.275 pc	$7 \times 10^7 R_S$
Distância Sol - centro da galáxia	R_G	10 kpc	8000 R_*
Raio do grupo local (Andrômeda)	R_A	670 kpc	70 R_G
Aglomerado + próximo (Virgem)	R_V	$11 h^{-1}$ Mpc	30 R_A
Raio do Universo observável	R_U	$3000 h^{-1}$ Mpc	300 R_V

Mortal como sou, sei que nasci para viver apenas um dia. Mas quando com prazer sigo a multidão cerrada das estrelas em seu curso circular, meus pés não mais tocam a Terra.

Ptolomeu

