

AGA 0316

A vida no contexto cósmico

Amancio Friaça
2025



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

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

- Densidade média = $5,513 \text{ g/cm}^3$

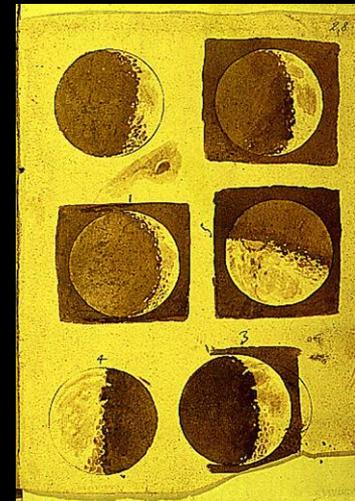
- Distância média ao Sol

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



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 Terra/Massa da Lua:
81,2

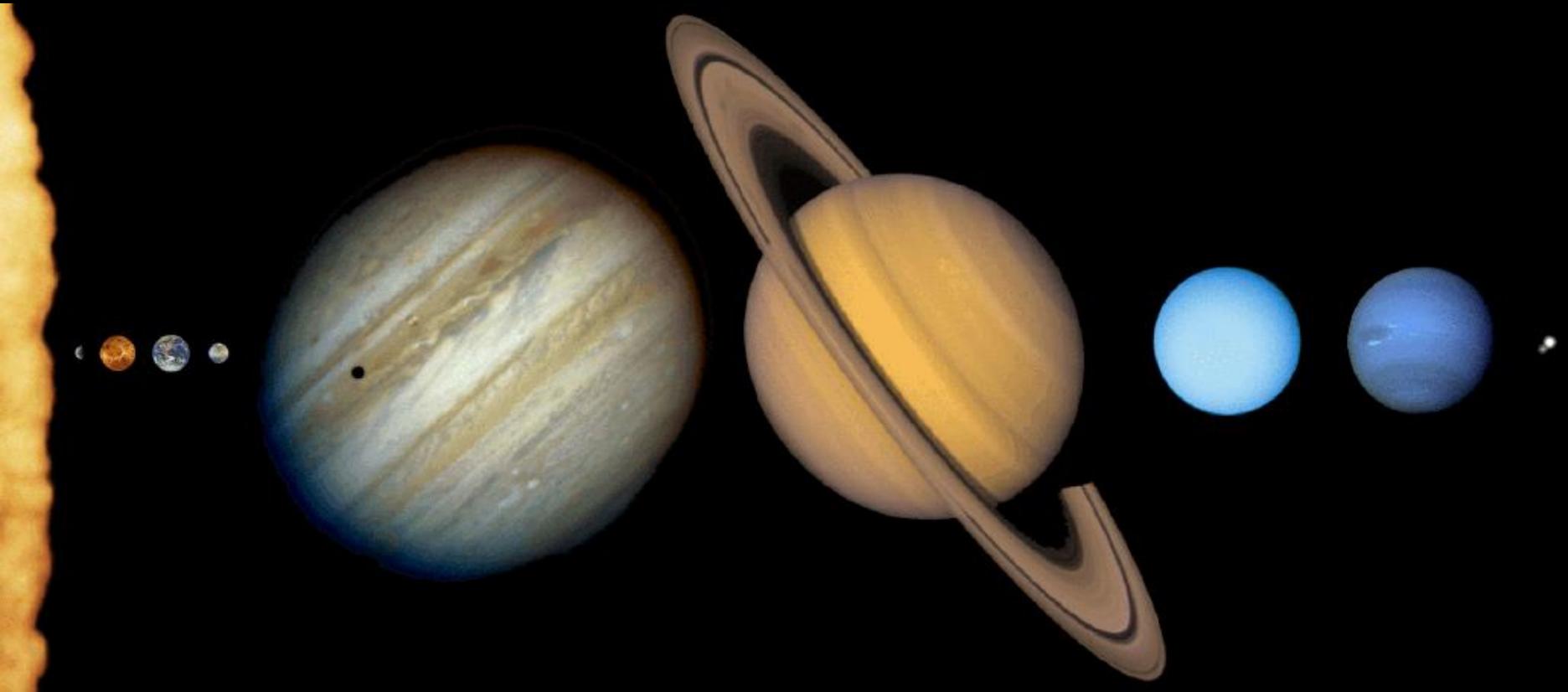


O Sol (um padrão astronômico)

- 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 espectral: G2V
- $M_V = 4,83$
- Cor B-V=0,656
- Composição (em massa): 74,46 % hidrogênio,
24,85 % hélio, 1,69 % outros elementos



Tamanhos relativos dos planetas

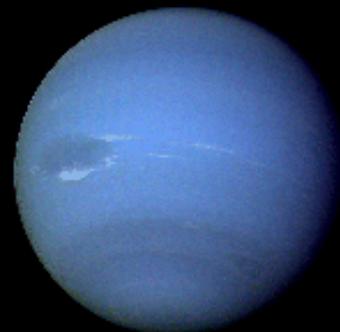
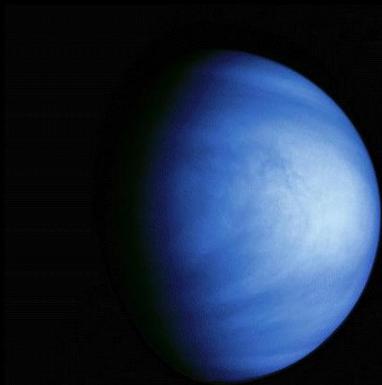
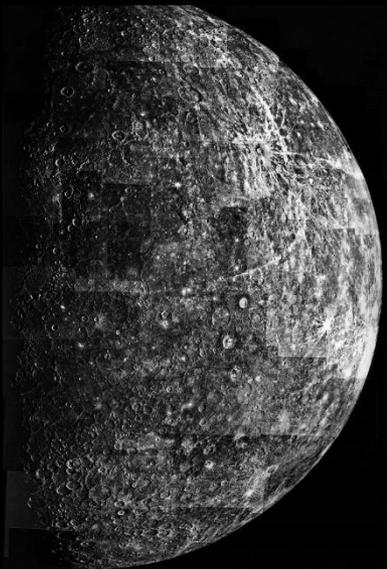


Raio de Júpiter (Equador): $R_J = 71.492 \text{ km} = 11,2$ raios terrestres

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

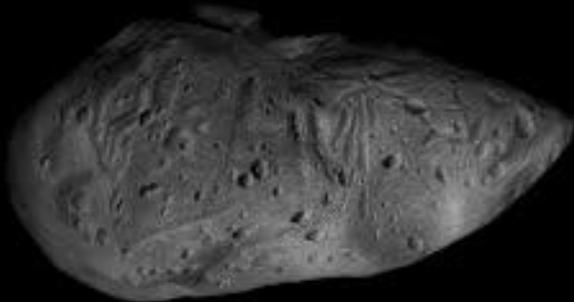
Raio Solar/Raio de Júpiter = 9,74

Massa Solar/Massa de Júpiter = 1048

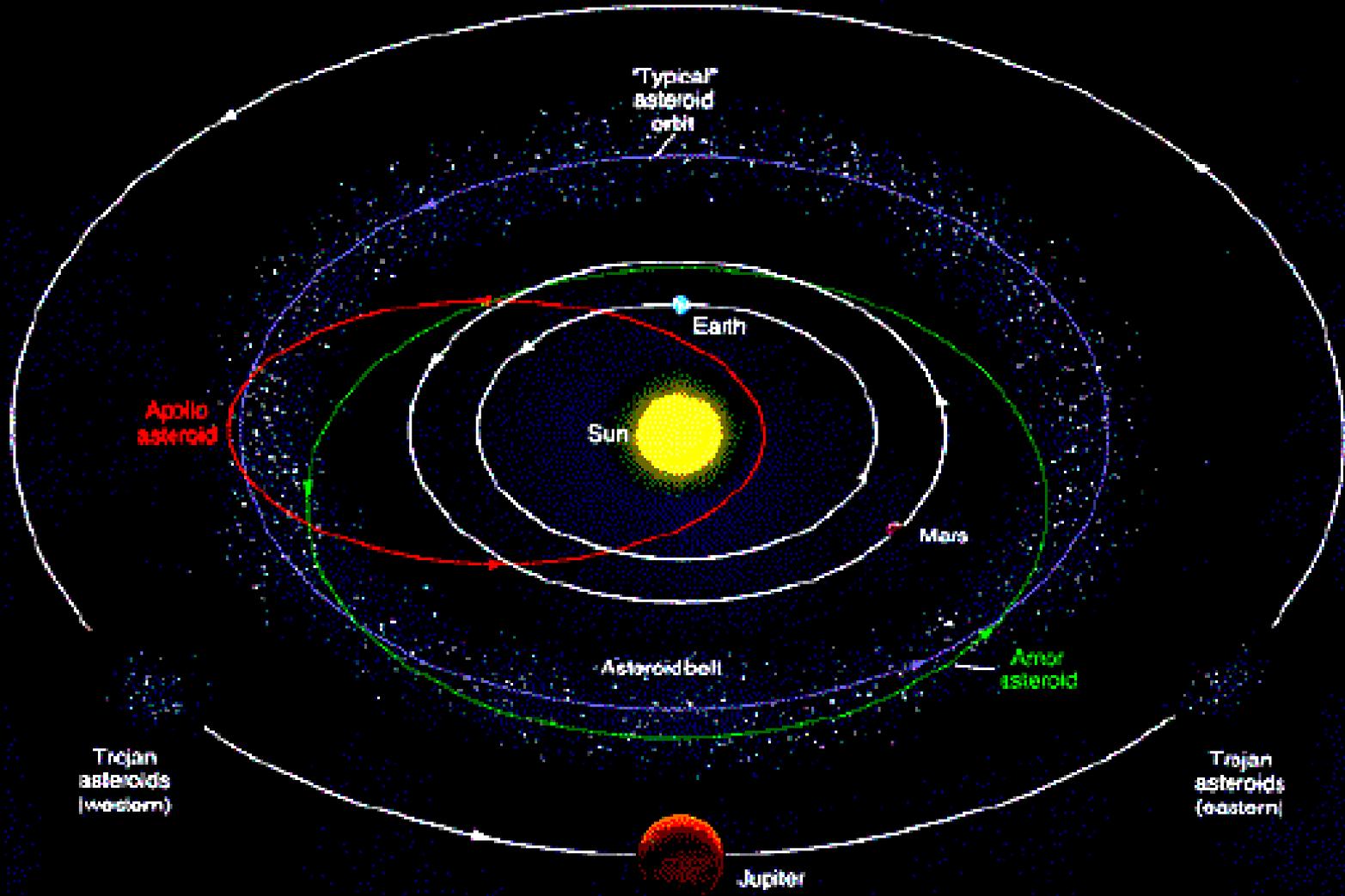


Asteróides

- Asteróide Graspá
20 x 12 x 11 km



Cinturão



Plutão – planeta anão...

Caronte e mais 4 luas

Descoberto em 1930 como resultado de intensiva pesquisa relacionada com perturbações nas órbitas de Urano e Netuno.

Foge inteiramente das características presentes dos planetas externos, ou seja, não é gasoso. Entretanto, muito similar aos objetos presentes no Cinturão de Kuiper

Atípico, pequeno (2274 Km - menor que a Lua), com maior satélite, mais próximo e muito gde, CARONTE (3476 Km) (parecia ser outro caso de “Sistema” semelhante a duplo planeta...). Outros 4 satélites foram descobertos.

4.3 bilhões de Km, com $T \sim -180^\circ$ e $G \sim 1/15$ Terra

Órbita inclinada (17 graus em relação a eclíptica) e excêntrica e rotação retrógrada. Invade a órbita de Netuno por 20 anos de seus 249 anos de orbita em torno do Sol



3 categorias de Planetas

...terrestres, gasosos, anões

I- Clássicos: terrestres (1) e gasosos (2).

(1) – Terrestres (rochosos ou telúricos)

Planetas internos, relativamente pequenos e densos, com superfícies rochosas, composição química relativamente baixa de elementos leves e gases voláteis (H e He), e alta de refratores c/o silício e ferro. Densidade alta, da ordem de 3500-5500 kg/m³. São eles: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte

(2) - Gigantes gasosos.

Planetas externos, muito maiores e massivos, sem superfície sólida, domínio de H e He (semelhantes ao Sol), muitos satélites e com anéis. Densidade baixa, da ordem de 700-1700 Kg/m³. São eles: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno

II- Não clássicos, Anões: estão em órbita ao redor do Sol, são pequenos porém com massa suficiente para sua gravidade superar as forças de corpo rígido, não são satélites e não tenha as vizinhanças de sua órbita desimpedidas (IAU 2005).

Dwarf Planets in the Solar System

In 2006, the organization responsible for classifying celestial bodies, the International Astronomical Union (IAU) decided that a new class of objects was needed. Pluto, considered a planet since its discovery in 1930, was reclassified into the new “dwarf planet” category. To date, five dwarf planets have been found, although some astronomers expect there may be as many as 50 in the solar system.

Earth's
moon
to scale



	ERIS	PLUTO	HAUMEA	MAKEMAKE	CERES
Year of discovery	2003	1930	2003	2005	1801
Diameter (mean)	1,445 miles 2,326 km	1,430 miles 2,302 km	892.3 miles 1,436 km	882 miles 1,420 km	591.8 miles 952.4 km
Orbital period (Earth years)	561.4	247.9	281.9	305.34	4.6
Distance from sun (times Earth's distance)	68	39.5	43.1	45.3	2.8
Orbital inclination (degrees)	46.9	17.14	28.2	29	10.59
Rotation period	25.9 hours	6.39 Earth days	3.9 hours	22.5 hours	9.1 hours
Moons	1	5	2	0	0

cometas

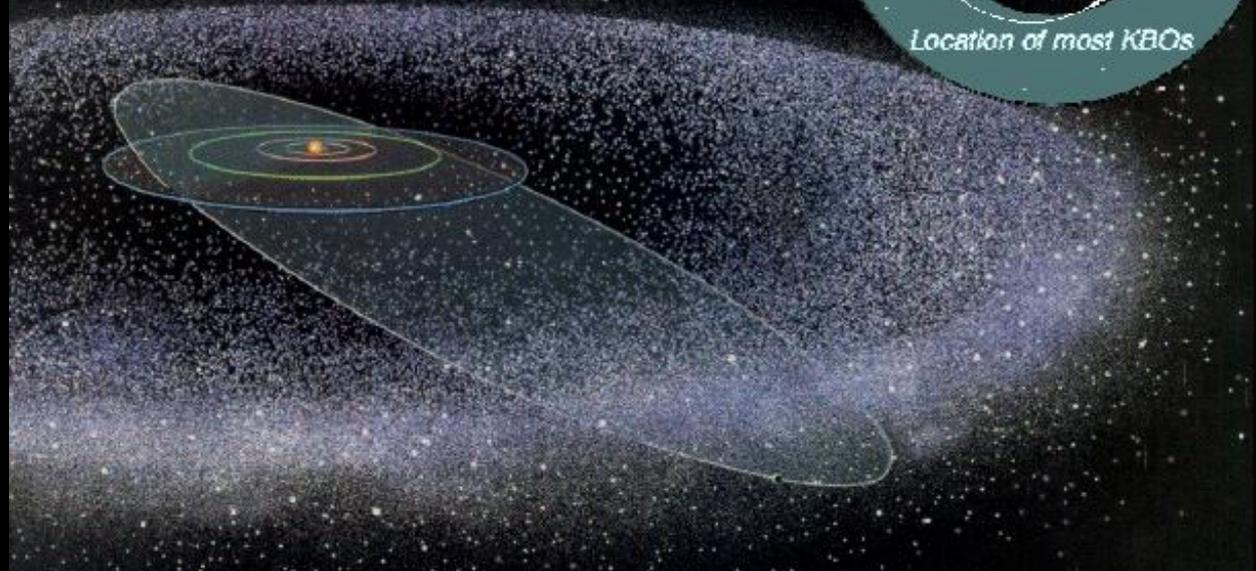
C/1975 V1 (West)

Cometas e Objetos do Cinturão de Edgeworth-Kuiper

© www.harmisy.freeuk.com

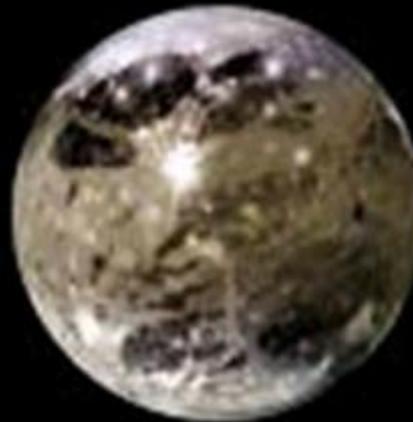
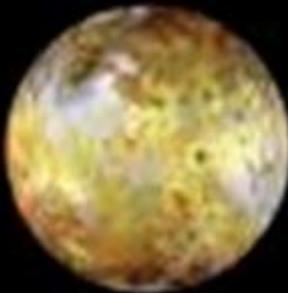
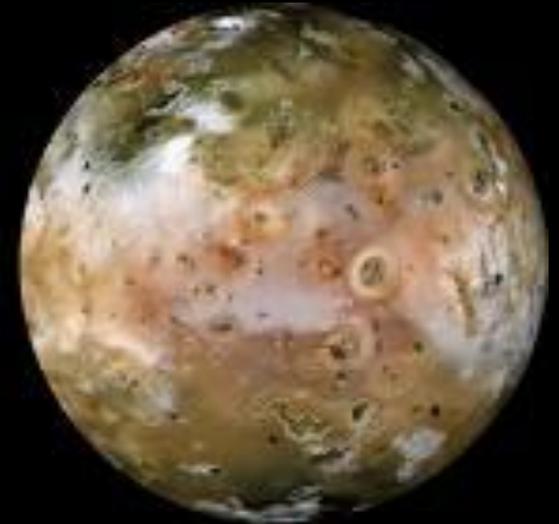


Muitos cometas vêm do Cinturão de Kuiper





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 Terra/Massa da Lua = 81,2)

JÚPITER e os Satélites Galileanos



Os grandes satélites do Sistema Solar



Ganymede
5262 km



Titan
5150 km



Mercury
4880 km



Callisto
4806 km



Io
3642 km



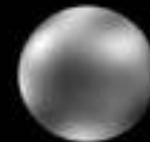
Moon
3476 km



Europa
3138 km



Triton
2706 km



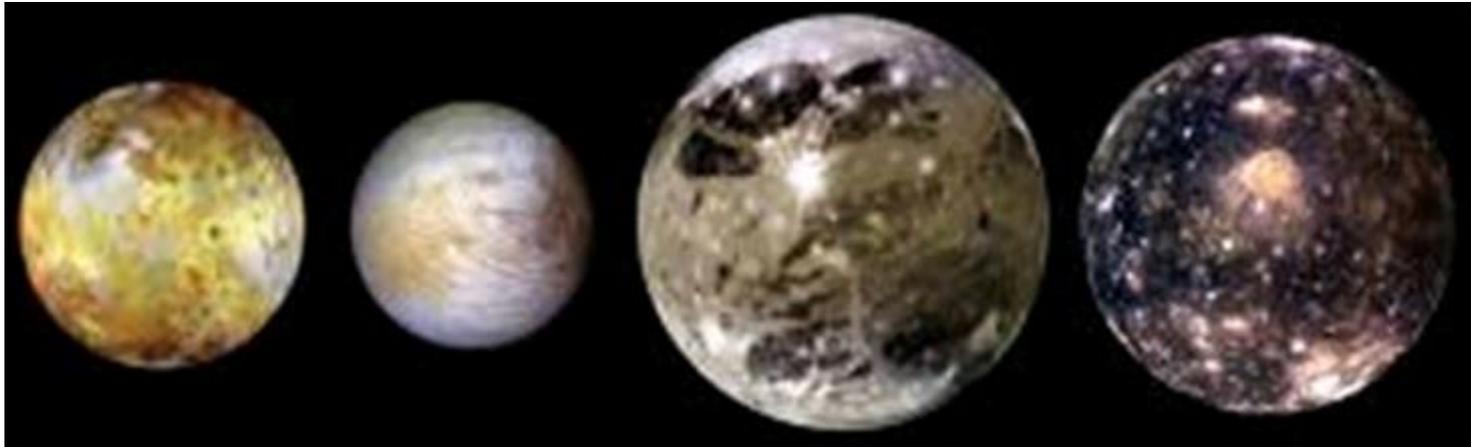
Pluto
2300 km



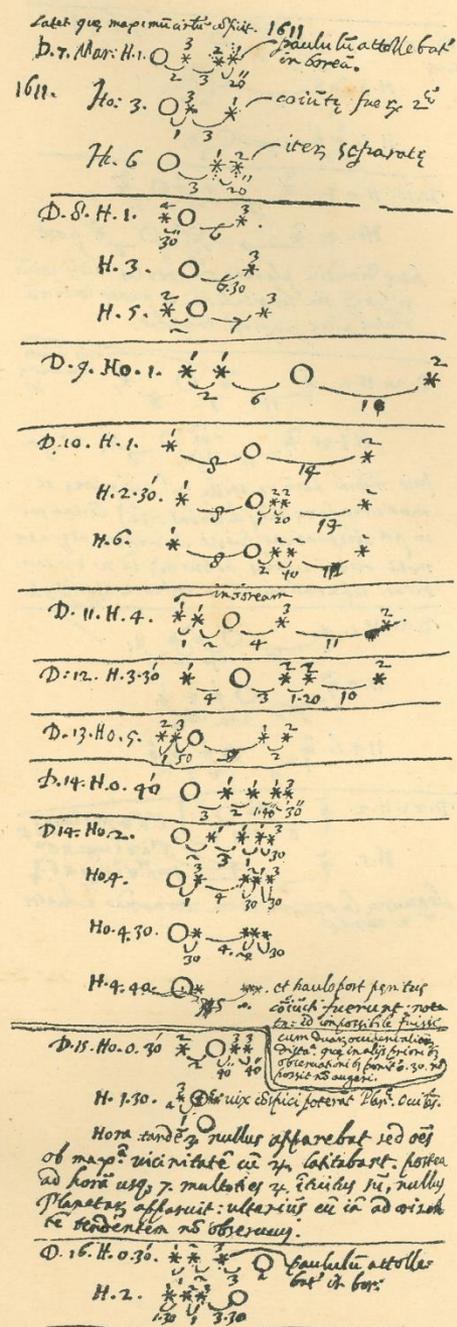
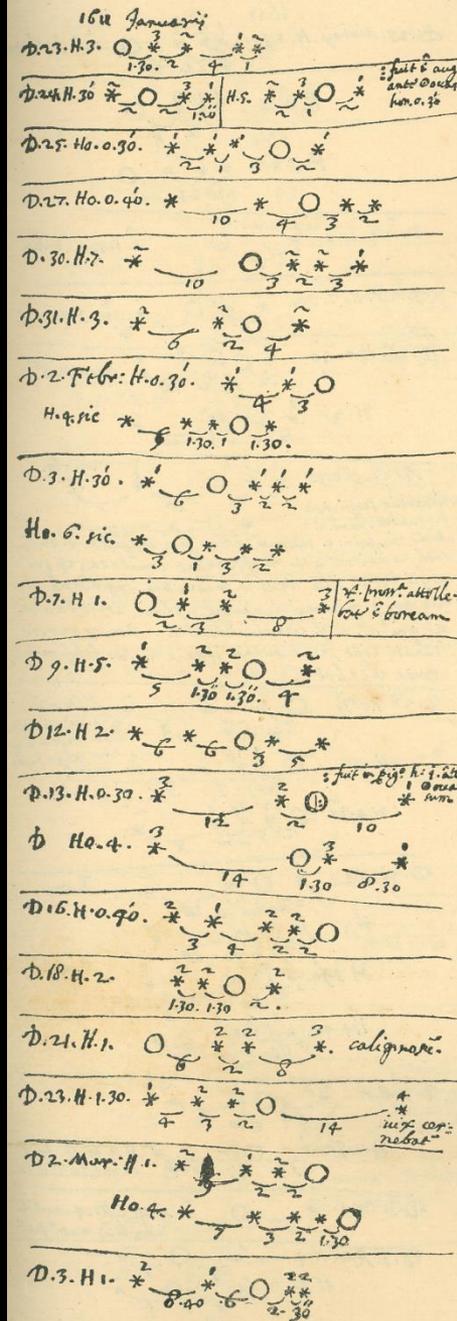
Titania
1580 km

Galilean Satellites -Relative characteristics

	Io	Europa	Ganymede	Callisto	Moon
Radius (km)	1822	1561	2631	2410	1738
Mean density (g/cm ³)	3.53	3.01	1.94	1.83	3.34
Average surface Temperature (K)	118	103	113	118	253
Period (days)	1.769	3.551	7.155	16.689	27.322



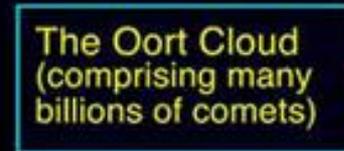
- Caderno de observações de Galileu com observações de Júpiter e seus 4 principais satélites - Io, Europa, Ganímedes, Calisto (1611)



Os limites do Sistema Solar: a nuvem de Oort

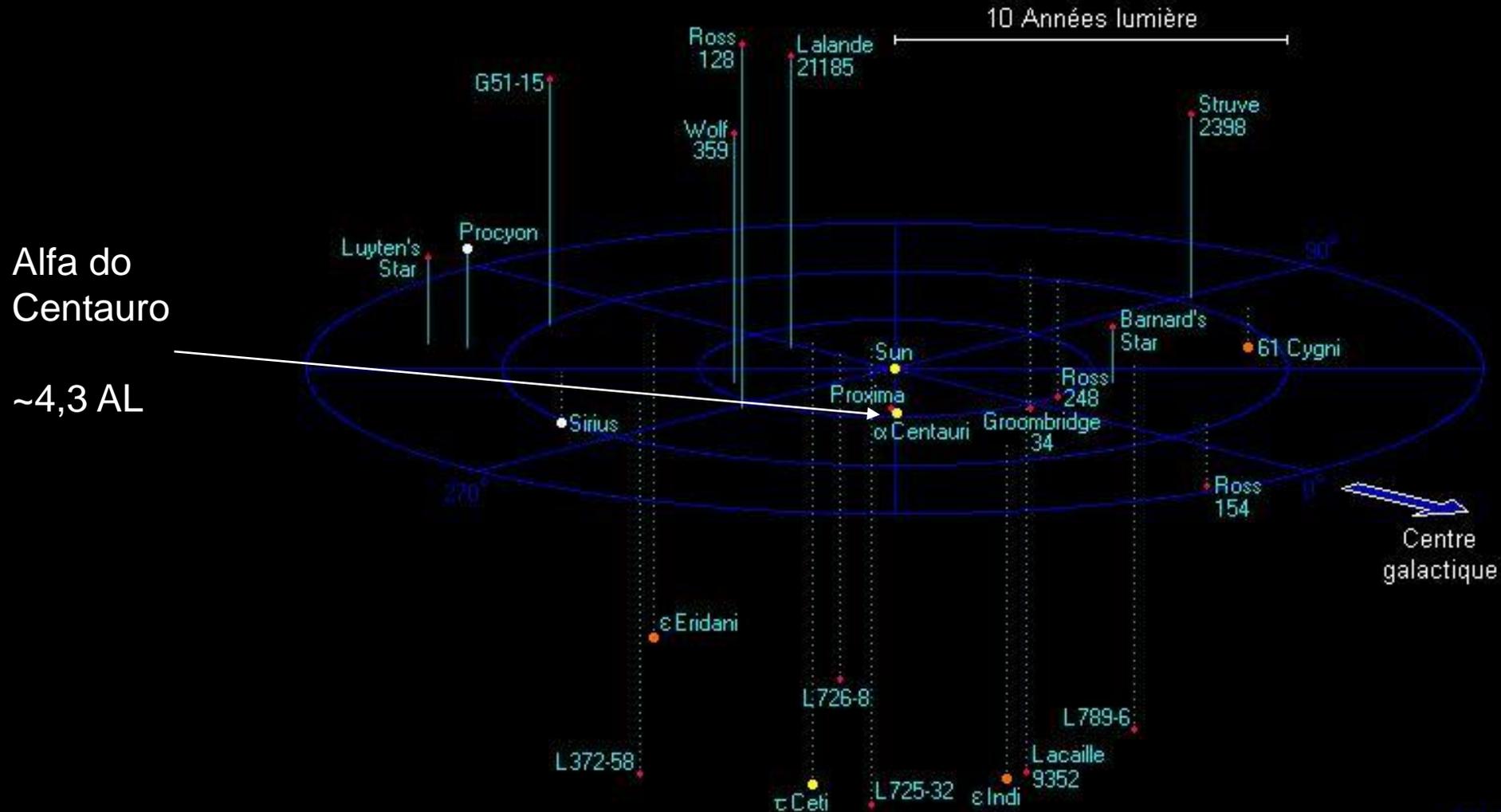
Muitos cometas vêm do Cinturão de Kuiper e da Nuvem de Oort

Raio da nuvem de Oort
~1/3 AL



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



Nebulosas

Regiões de Formação Estelar

Águia →



- Estrelas nascem em grandes nuvens no meio interestelar



Nebulosa de Orion



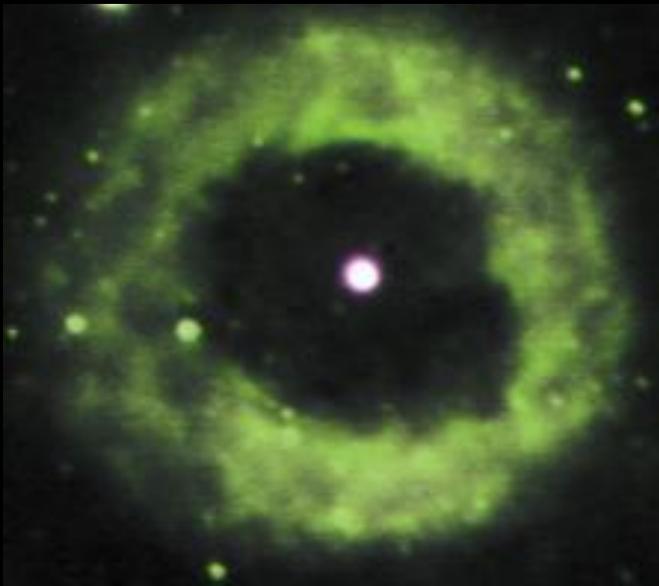
Nebulosa de Carina



Nebulosas

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

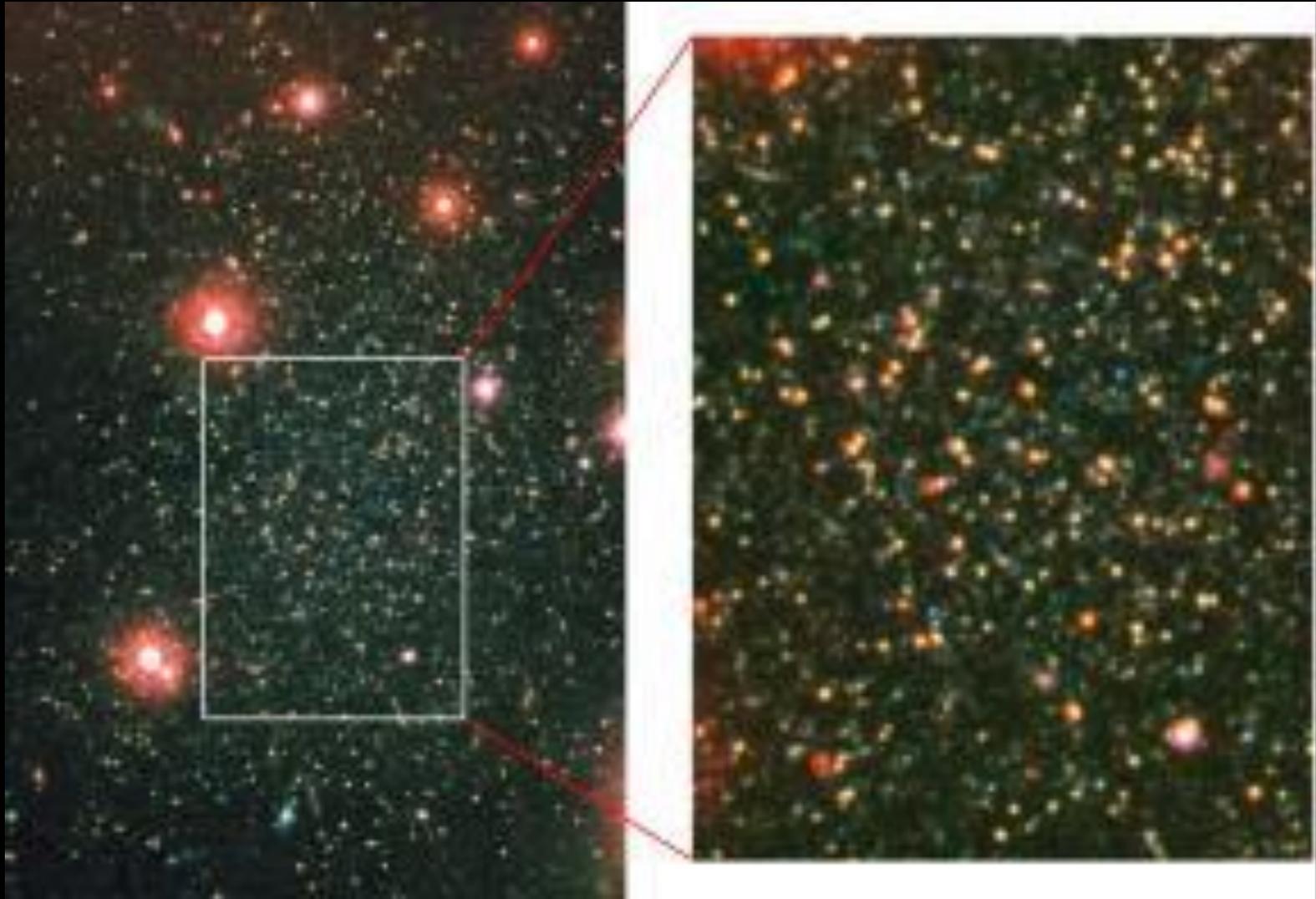


Galáxias elípticas

Estrelas velhas



Galáxias anãs



And IV

Galáxias satélites: as nuvens de Magalhães



Grande Nuvem



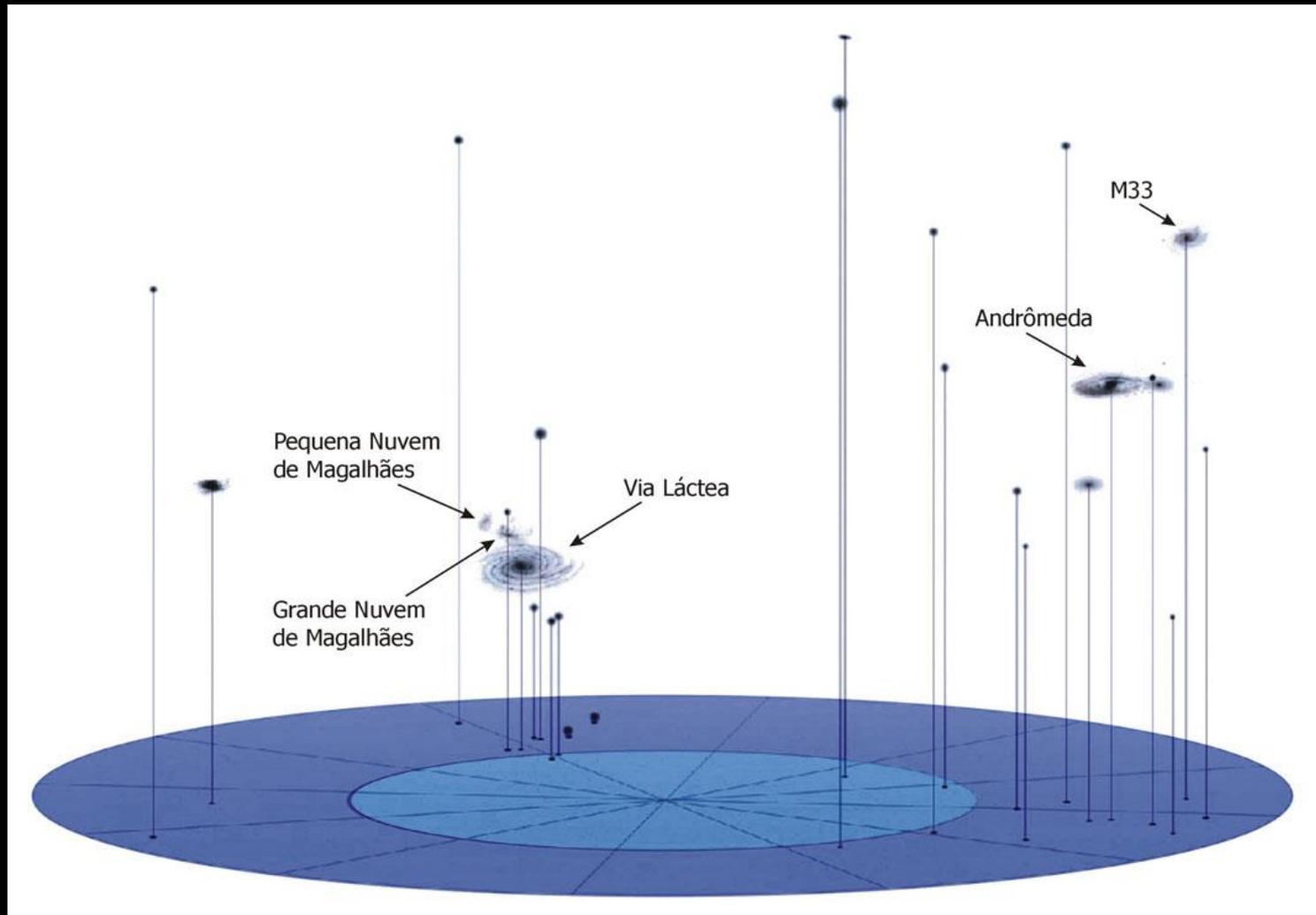
Pequena Nuvem



Andrômeda e 2 satélites



O Grupo Local de Galáxias



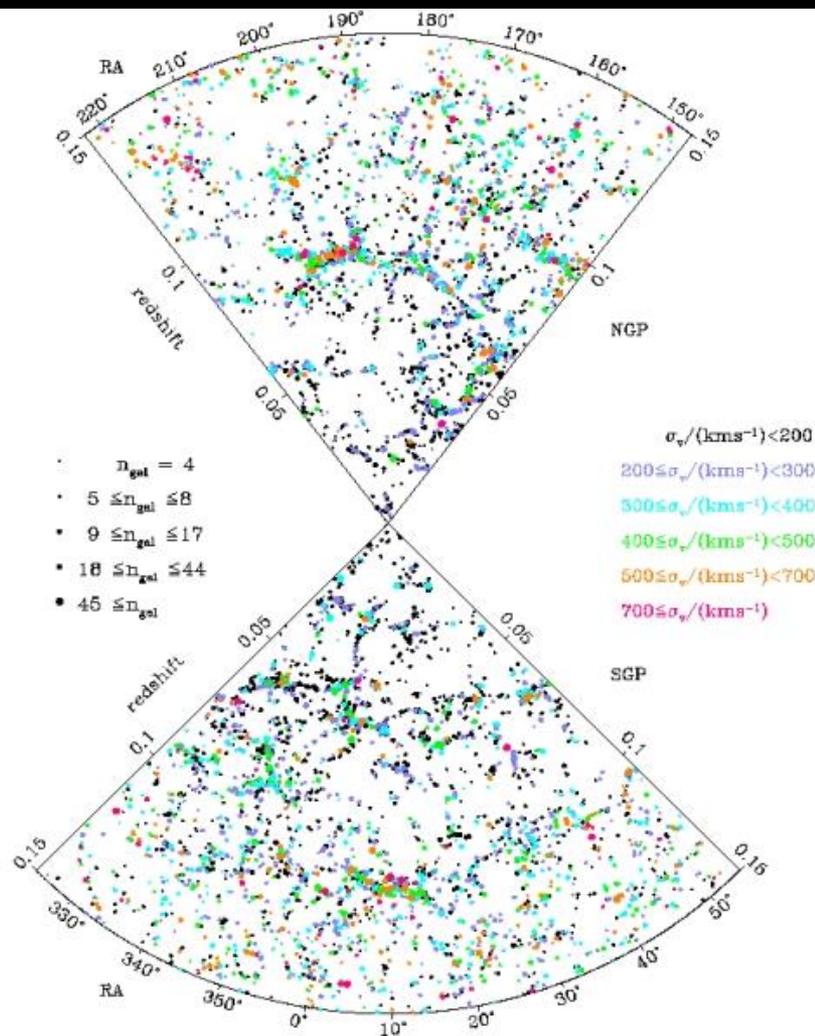
Aglomerados de galáxias



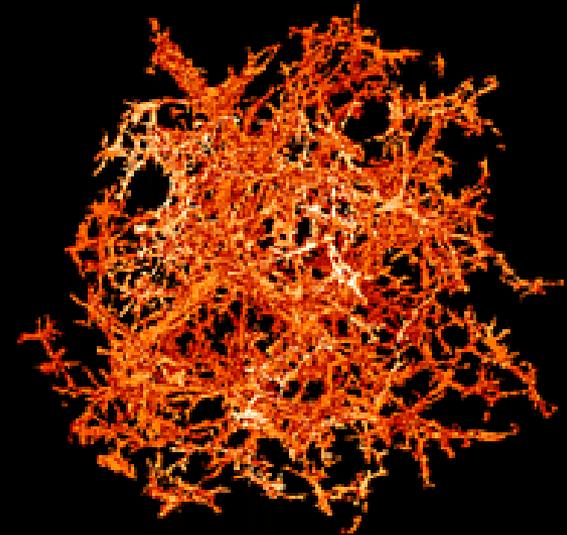
$10^2 - 10^3$ galáxias brilhantes
Tamanhos ~ alguns Mpc
Massas ~ $10^{14} - 10^{15} M_{\text{sol}}$



Estruturas em grandes escalas

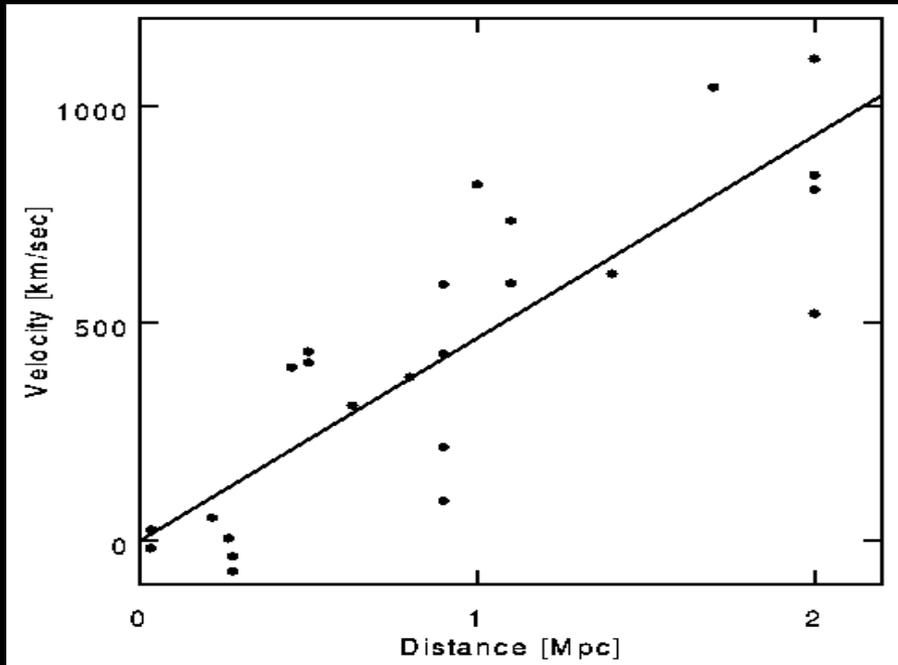


Filamentos e vazios

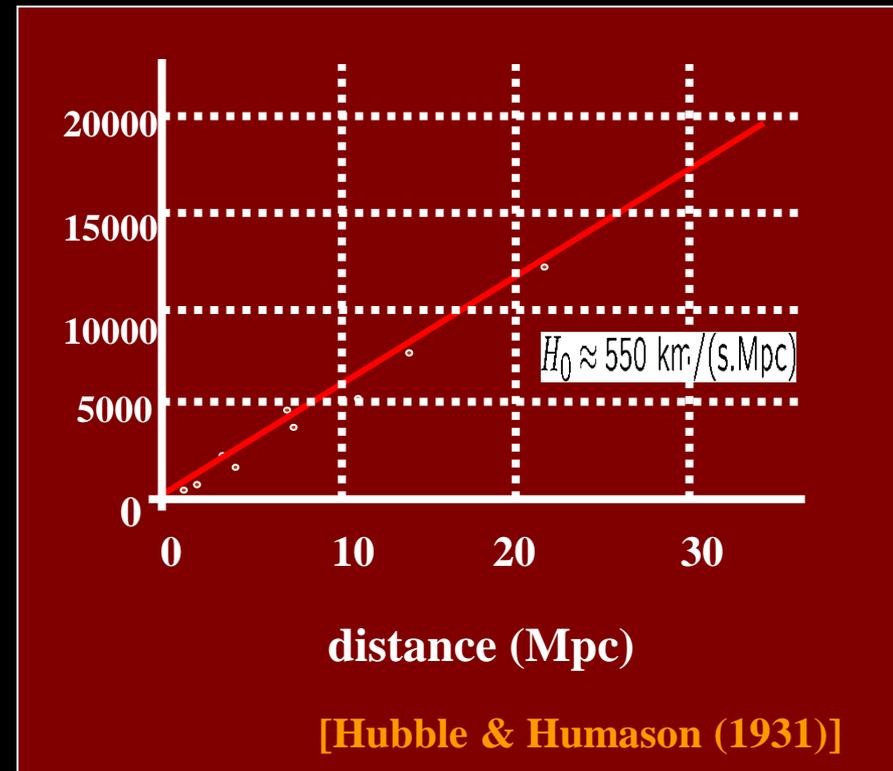


Escalas: centenas de Mpc

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.

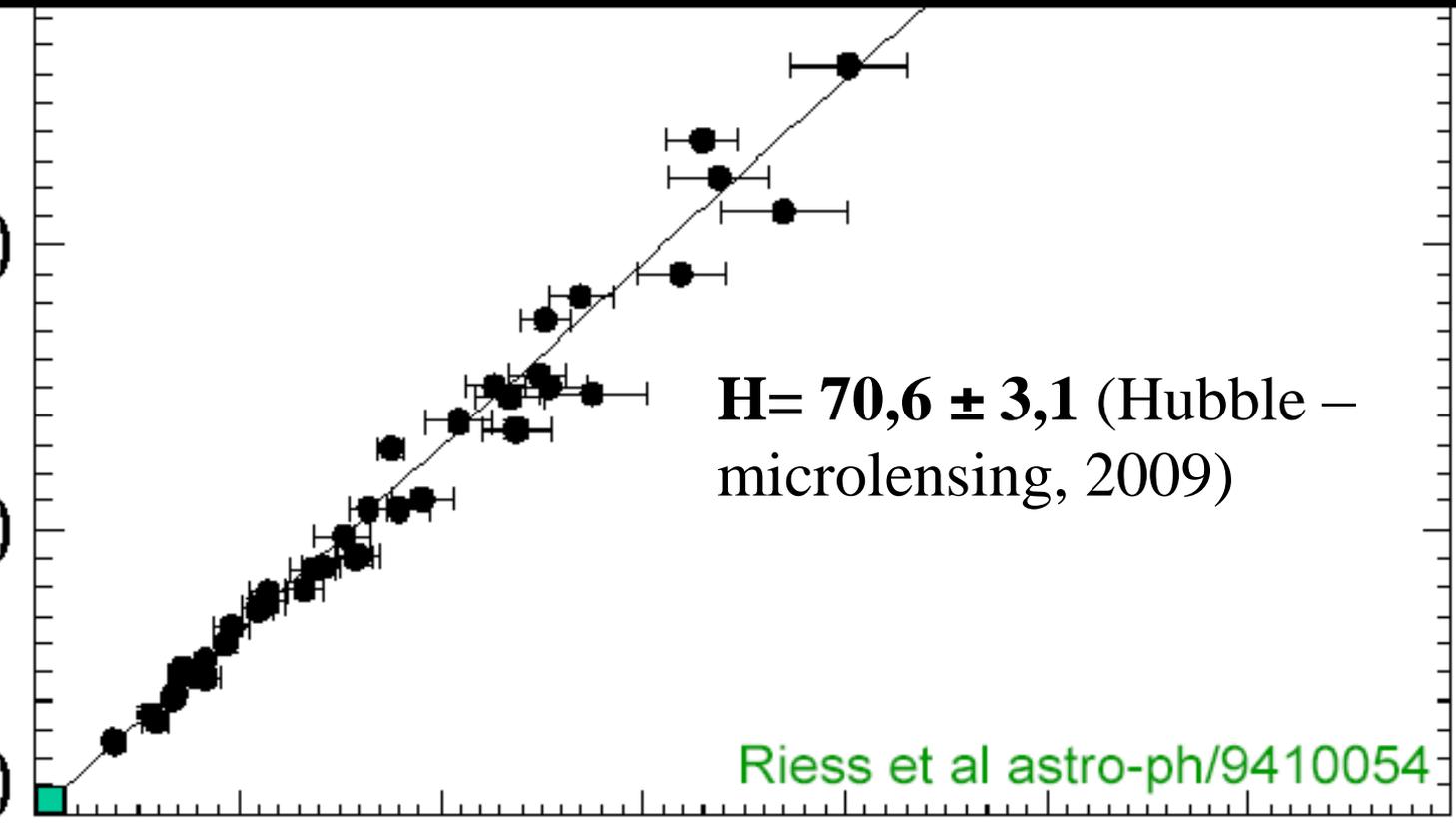
Velocity (km/sec)

Hubble's data

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

Riess et al astro-ph/9410054

Kolb



0 10000 20000 40000
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

