

Tópicos – 2018-1

aula 2



Astronomia

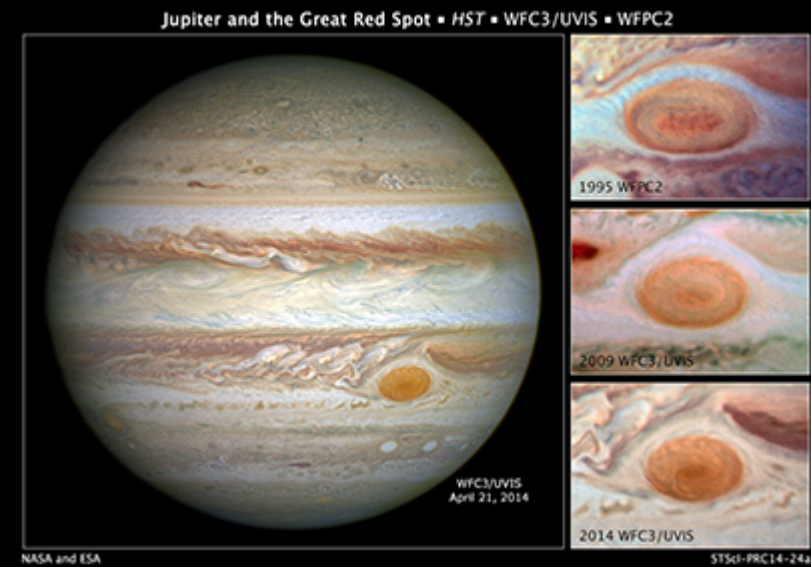
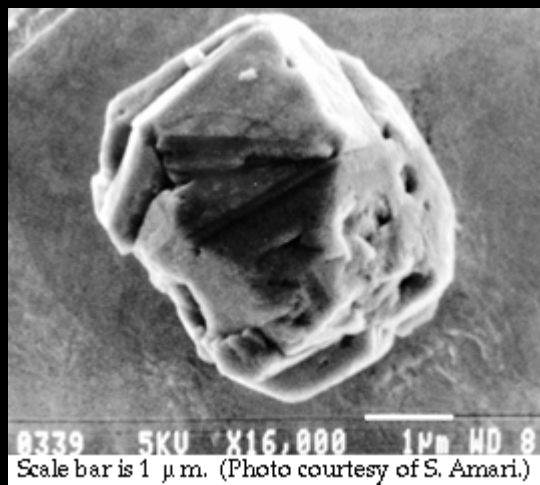
- Melhor momento
- Tecnologia: telescópios
 - Objetos invisíveis => visíveis
- Entendimento do Universo
 - ex. estrelas explodindo, sistemas planetários, estrelas nascendo...
- Muitos objetos estão muito distantes: luz emitida há milhões ou bilhões de anos atrás
 - Olhando cada vez mais distante

Missões espaciais

- Telescópios + missões espaciais
 - Lua, Marte, Titan, asteróides
- Há centenas de anos as explicações sobre o céu vinham de crenças, não havia como testar
 - Mares na Lua? Os planetas se movem? Por que as estrelas brilham?

Astronomia

- Partículas pequenas: grãos, átomos, moléculas
- Estrelas, galáxias
- Velocidades são extremas
- Grandezas envolvidas desafiam nossa imaginação pois estão longe de nosso cotidiano
 - Notação científica



Hubble image of Ceres, the largest asteroid in the main asteroid belt, compared with four other asteroids and Mars.
(Longest dimension for each body in parentheses.)

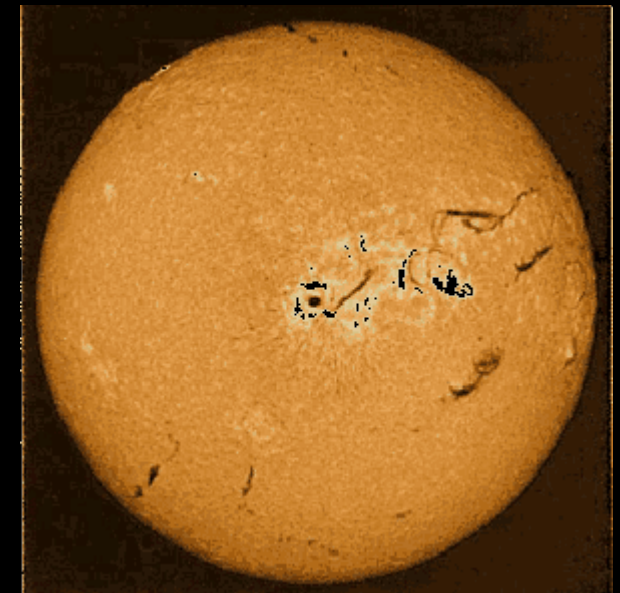
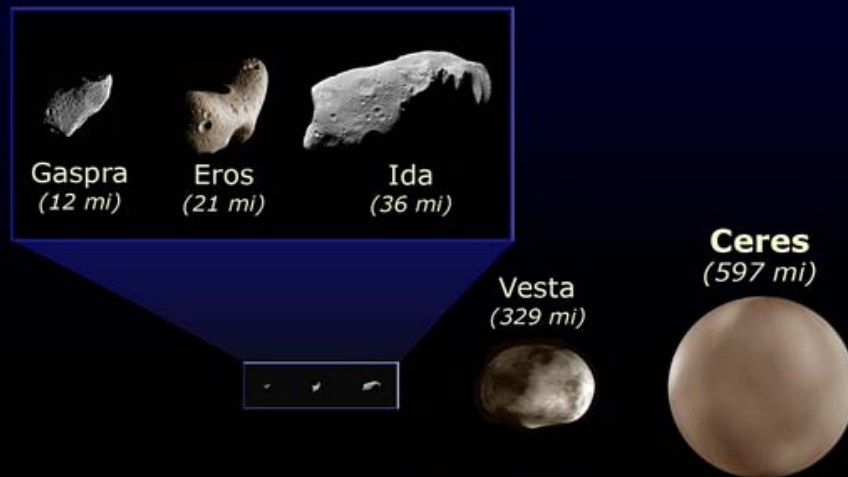
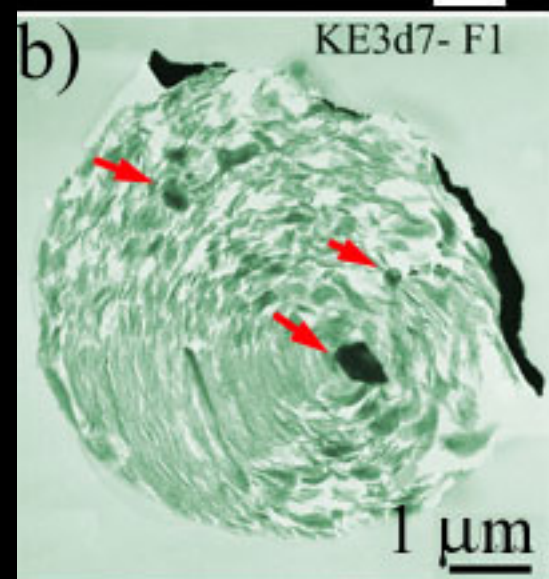
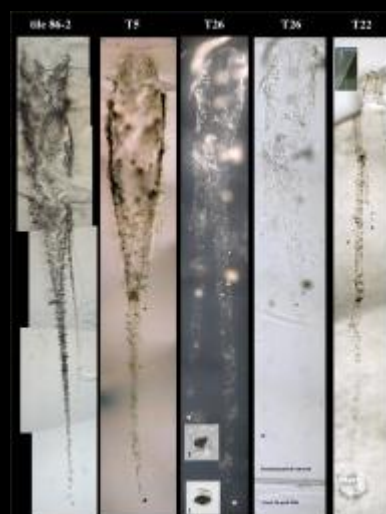
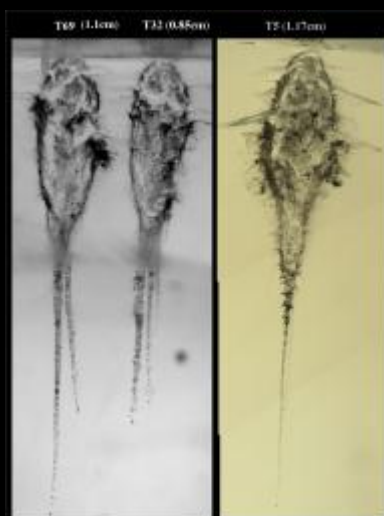
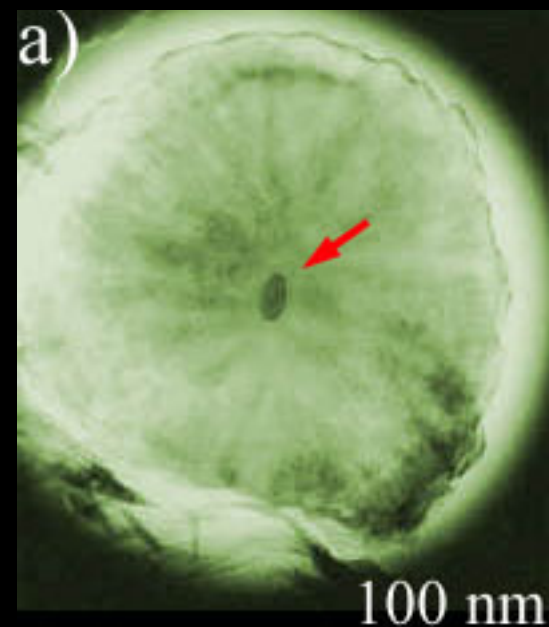
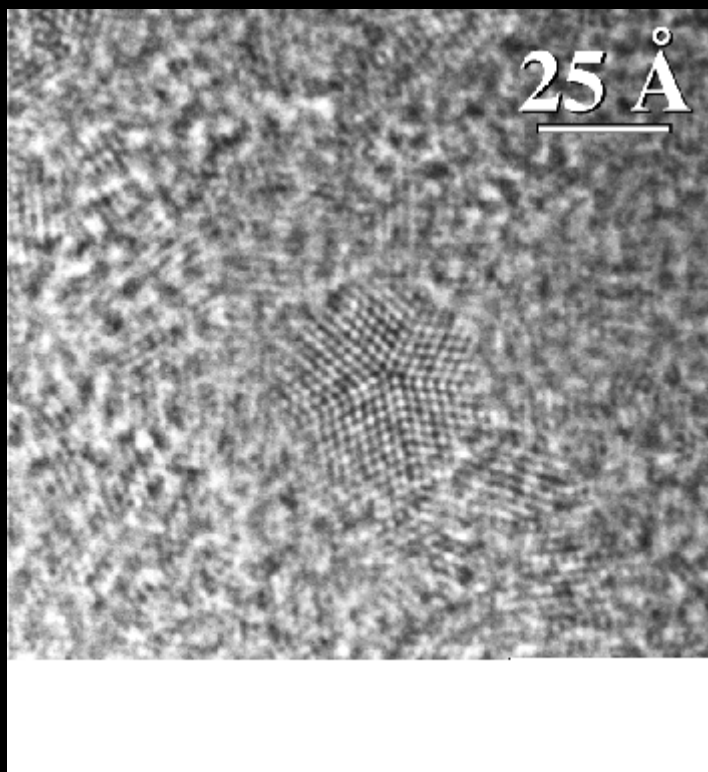
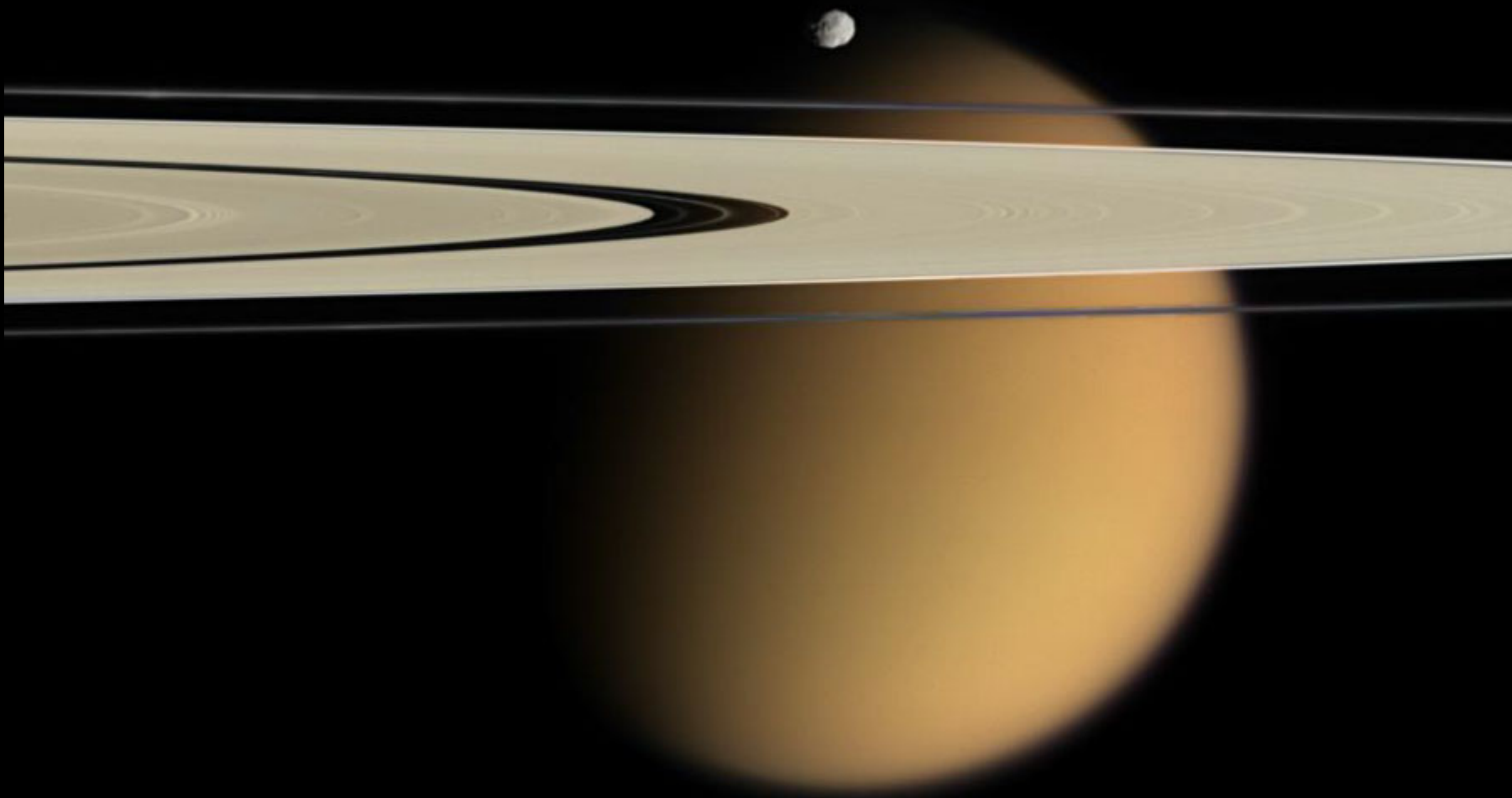
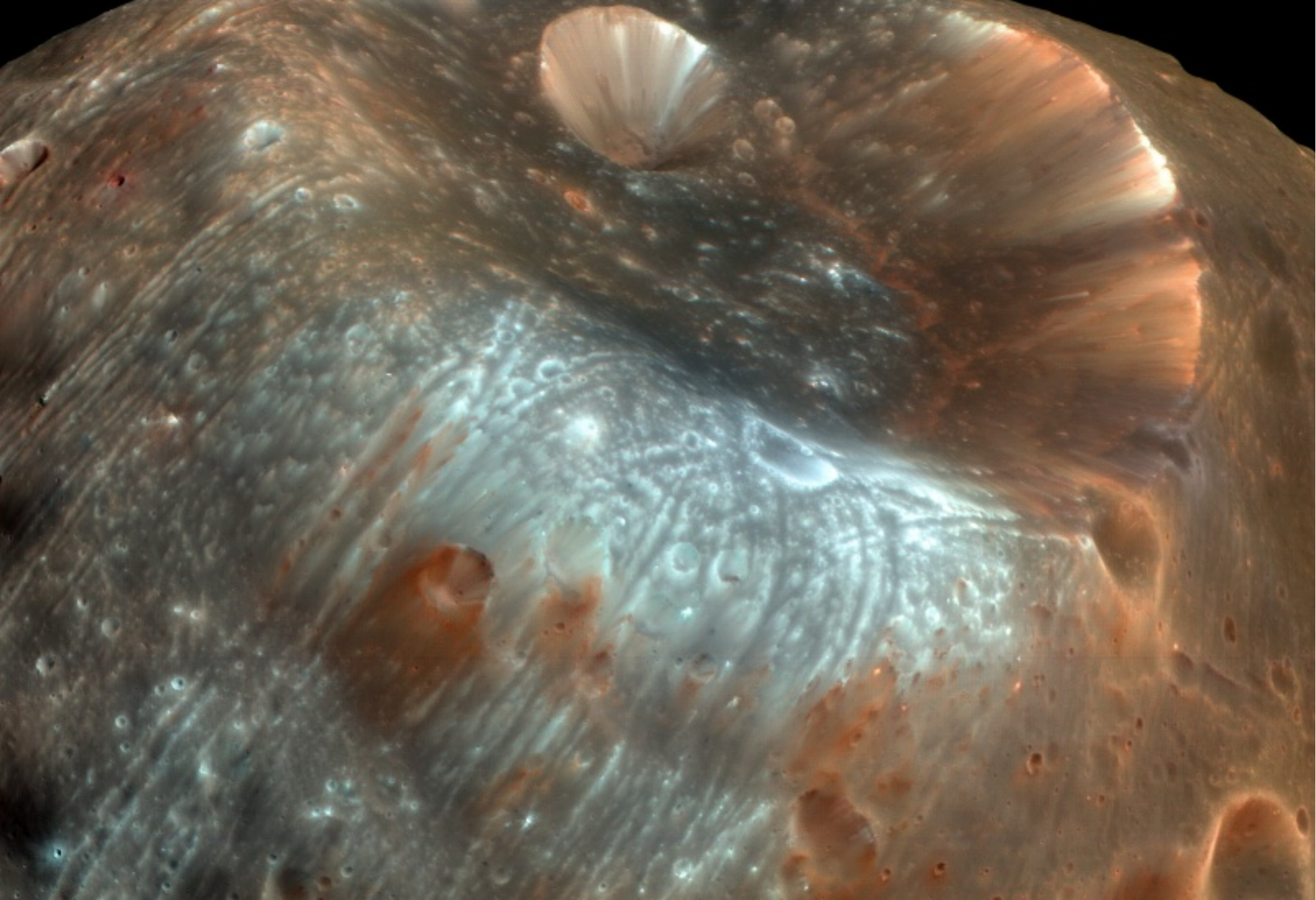


Image credits: Gaspra, Ida: Galileo (NASA/JPL); Eros: NEAR Shoemaker (JHU/APL).
Vesta and Mars images: HST (NASA/STScI).









Eros
Dimensões:
13x13x33 km





M4: The Closest Known Globular Cluster

Rho Ophiuchi



Image Credit & Copyright: Tom Masterson, ESO's DSS

M4: The Closest Known Globular Cluster

7000 anos-luz



M15 _ 100.000 estrelas



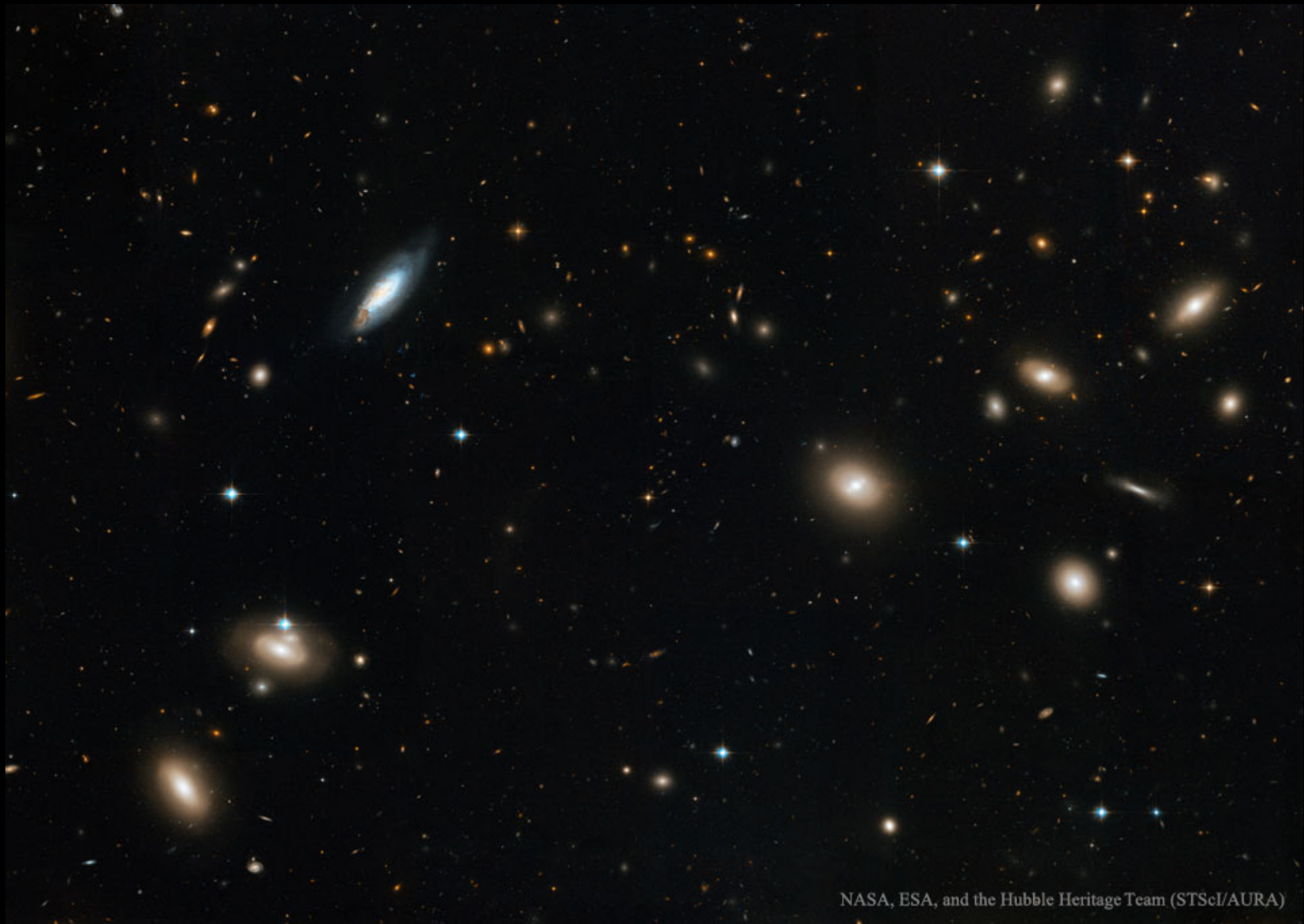
Andrômeda: centenas de bilhões de estrelas



Copyright Bersonic



Coma: denso com milhares de galáxias



NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

Perspectiva cósmica



Diâmetro → 12 700 km

Em um avião normal, viajando a 1000 km/h, leva-se 12,7 horas para atravessar esta distância.

“Vejo a beleza que é nosso planeta. As pessoas vão cuidar e melhorar não destruí-lo.”

Yuri Gagarin (1961)

Poluição luminosa

- Alaranjado sobre as cidades
- Luz que entra pela janela a noite
- Enxerga poucas estrelas no céu da sua cidade?
- Não consegue identificar a Via Láctea no céu?





Poluição luminosa

- Afeta a saúde
- Sérias consequências ambientais
 - Ciclos migratórios, alimentares e reprodutivos
 - ex. filhotes de tartarugas marinhas
 - ex. invertebrados (mariposas, etc...)
 - Alteração do período de floração
 - Migração de pássaros
- Combatê-la

A Astronomia
trabalha com
escalas
espaço-
temporais que
desafiam a
imaginação,
por serem
muito
distantes da
experiência
cotidiana.

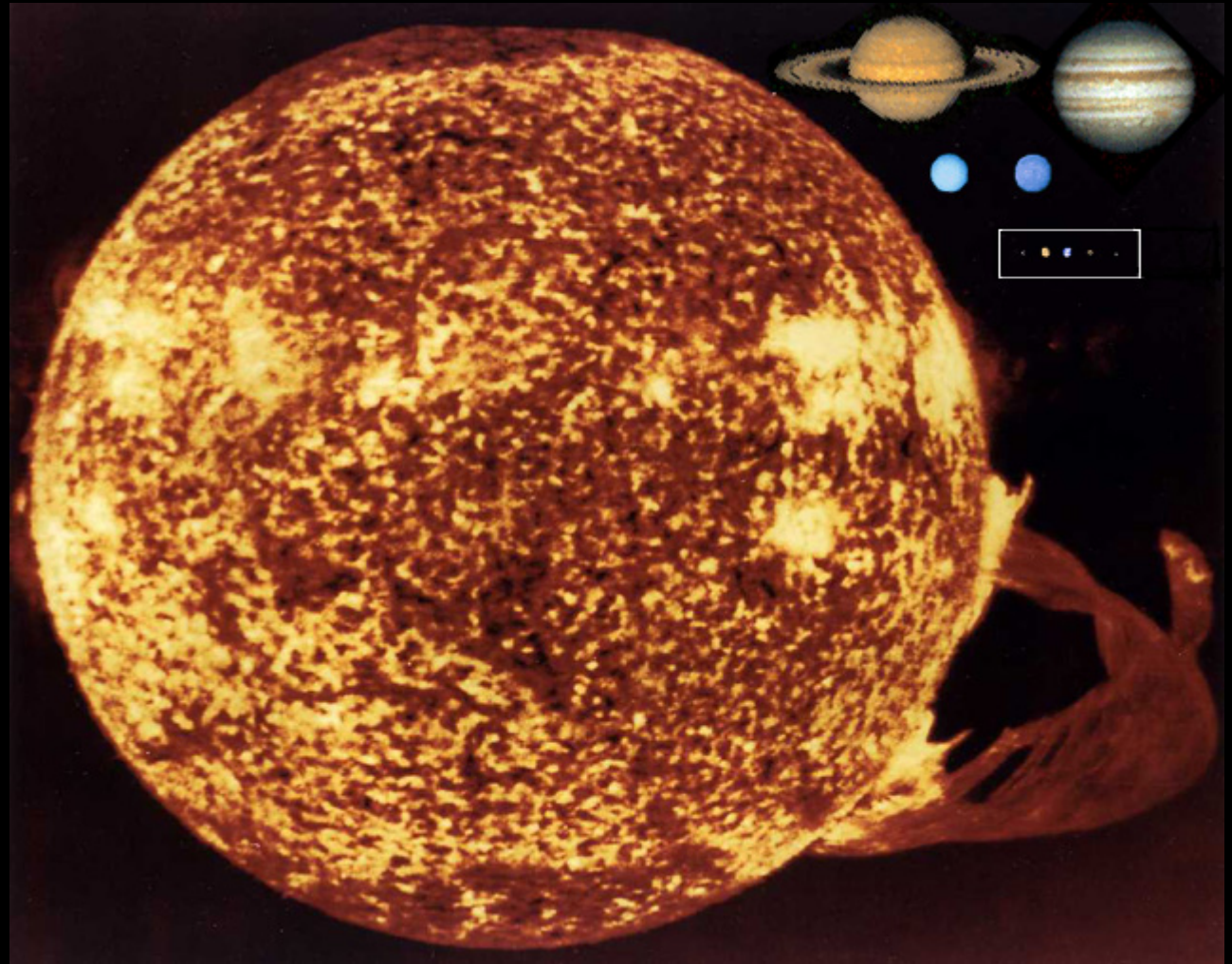


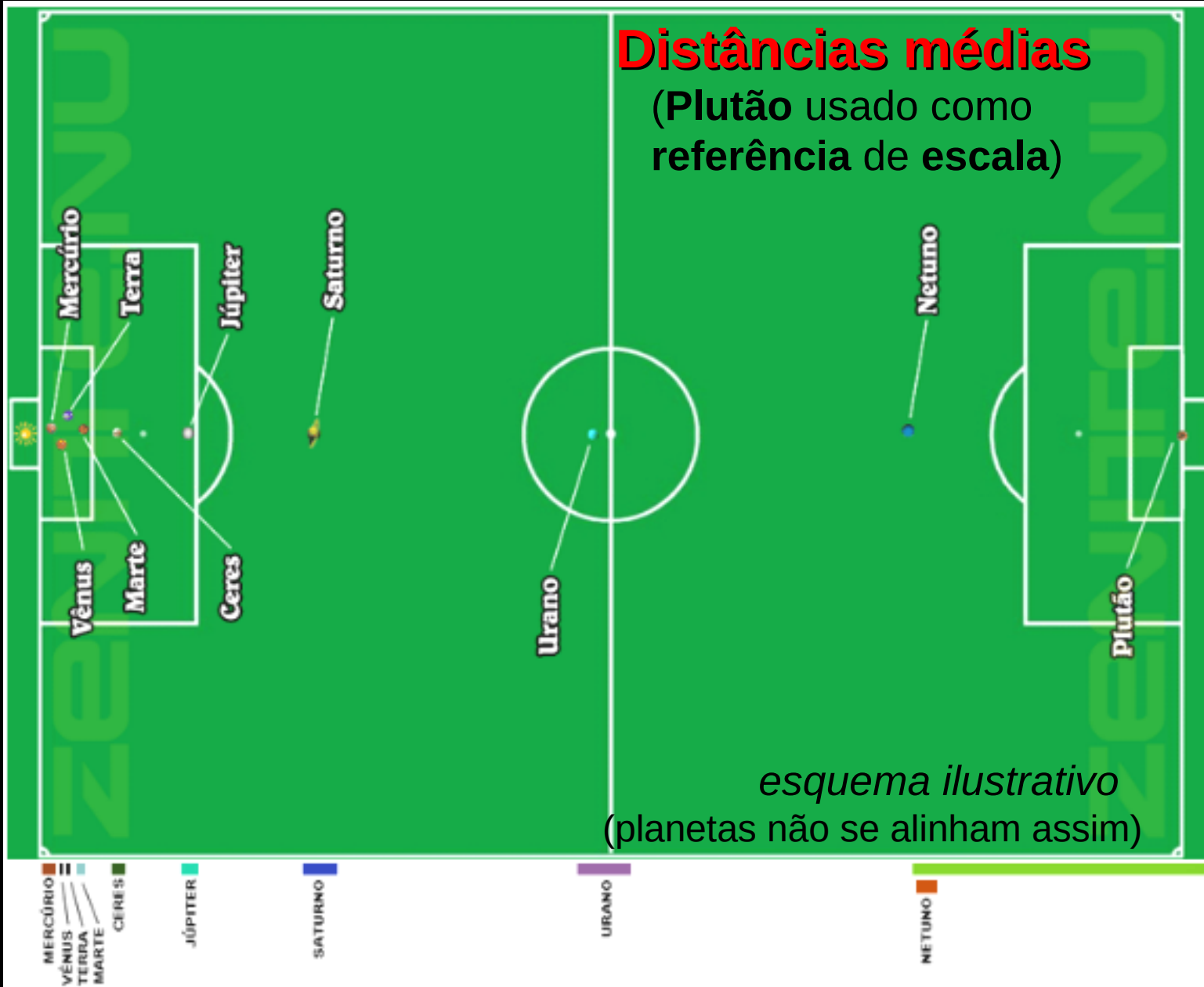
Fig 1.2

- Síntese da variação de tamanhos observados
- Astronomia: sintetiza ou agrega informações de diferentes campos da ciência
 - Átomos, natureza da luz, resposta da matéria e energia à gravidade, geração de energia nas estrelas...

O Sistema Solar em campo

Distâncias médias

(Plutão usado como referência de escala)



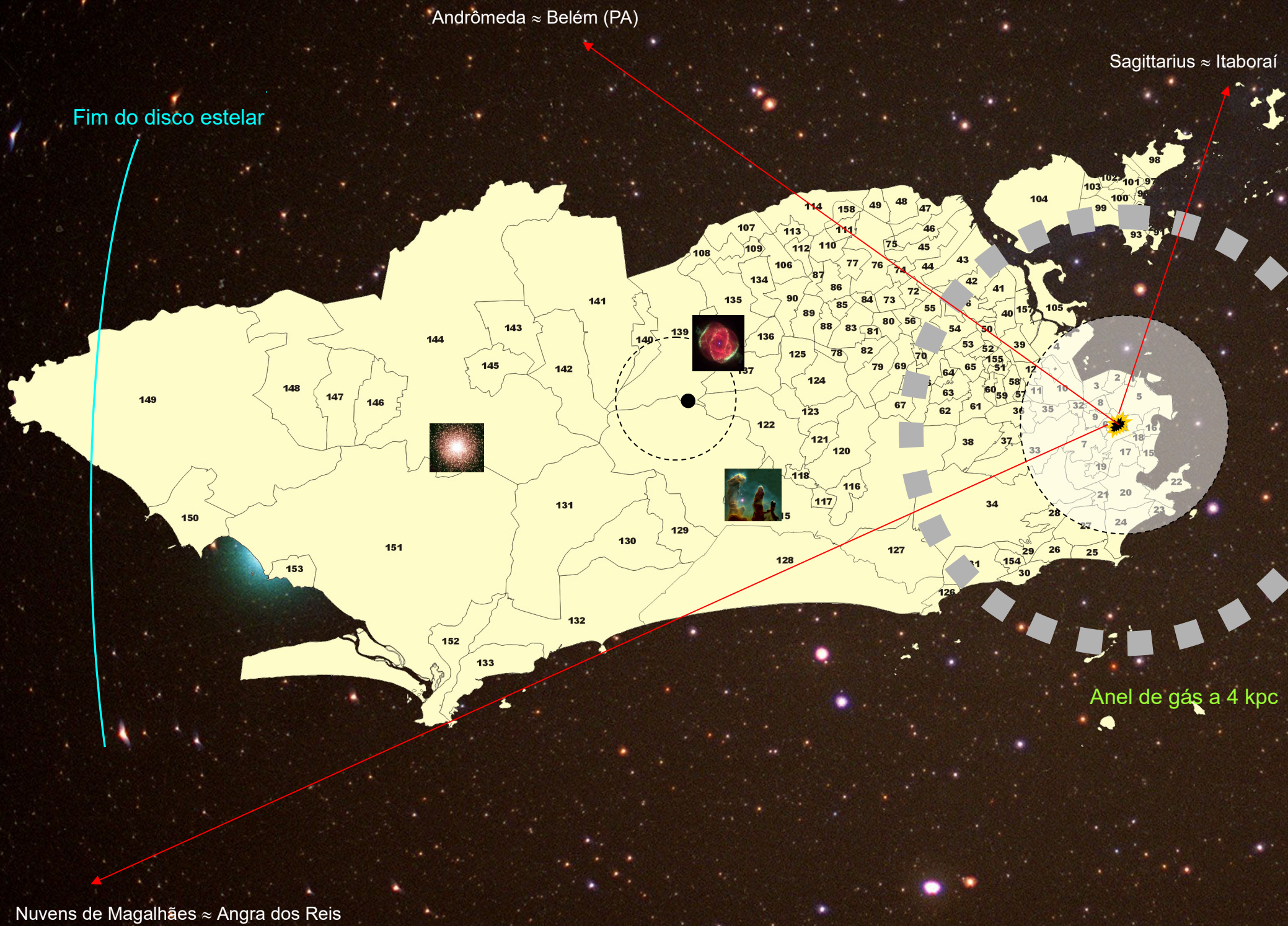
esquema ilustrativo
(planetas não se alinham assim)

Terra e Vênus têm órbitas quase circulares

Plutão tem periélio e afélio bem diferentes (órbita muito elíptica)

<http://www.zenite.nu>

JOSÉ ROBERTO V. COSTA
Astronomia no Zênite



Quantas estrelas existem?

~ 100 bilhões de galáxias

cada uma com ~ 100 bilhões de estrelas

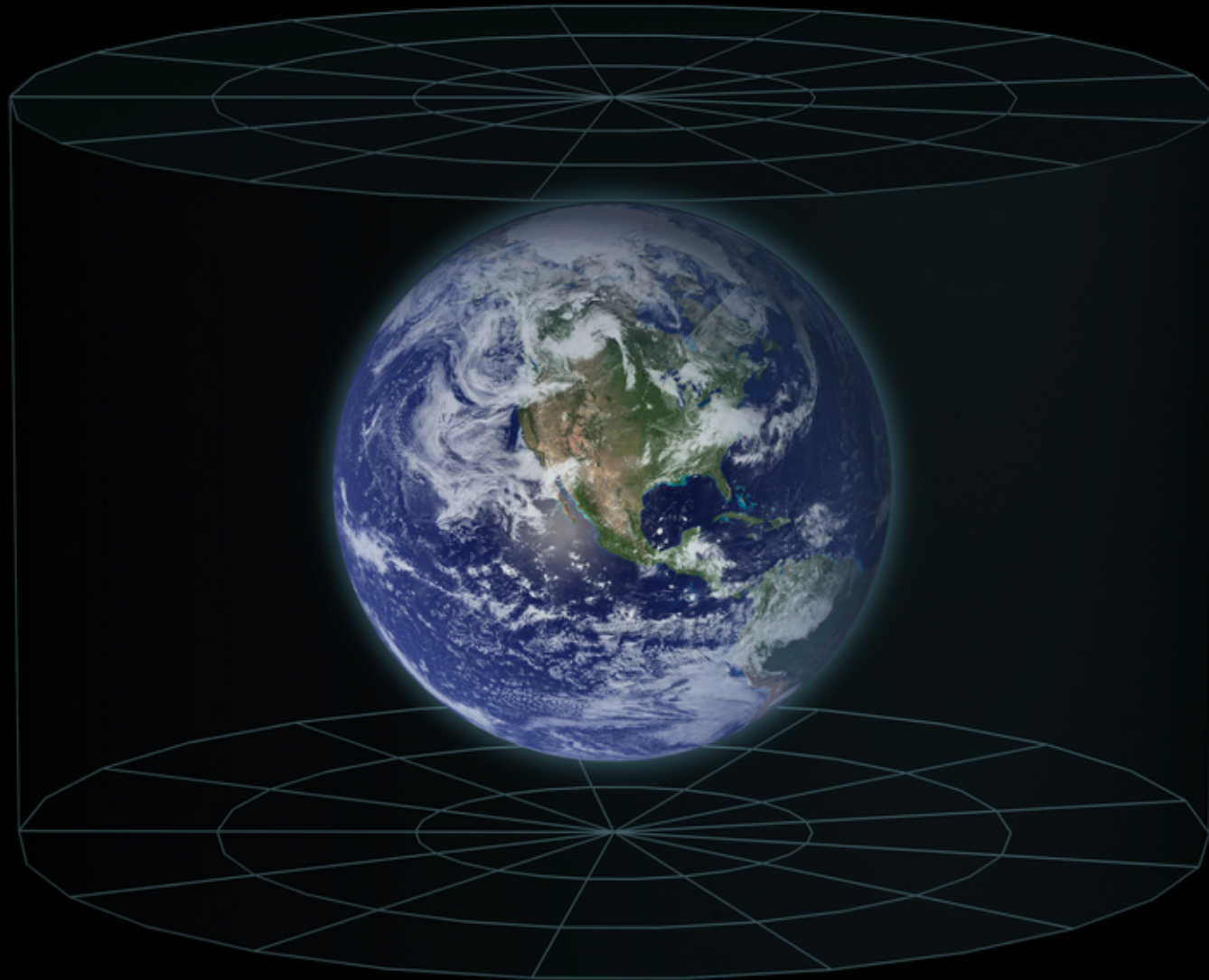
$$10^{11} \times 10^{11} = 10^{22} \text{ estrelas}$$

10.000.000.000.000.000.000.000 estrelas

10 sextilhões de estrelas

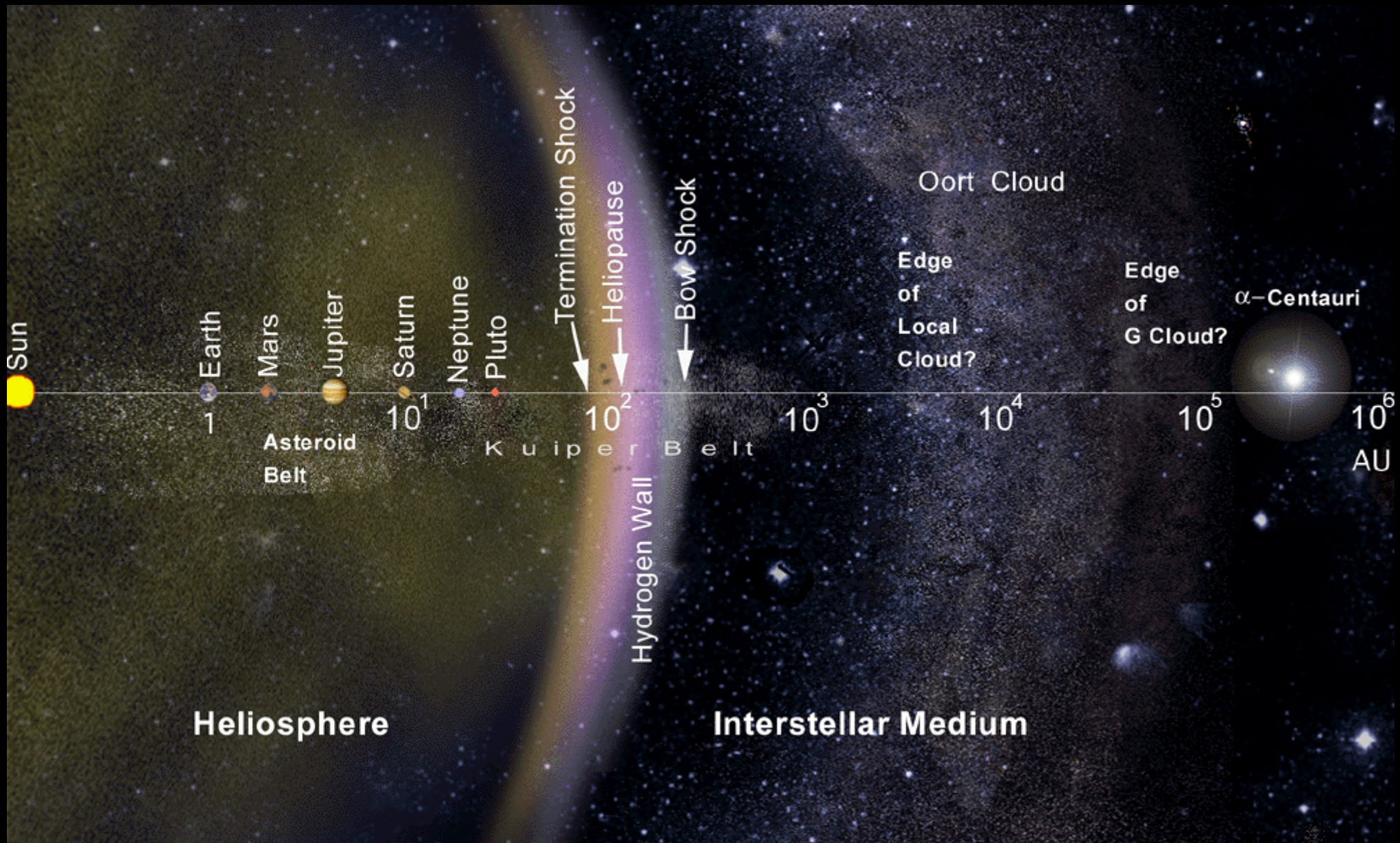
Escalas Astronômicas

Earth



Diâmetro $\rightarrow$ 12.700 km

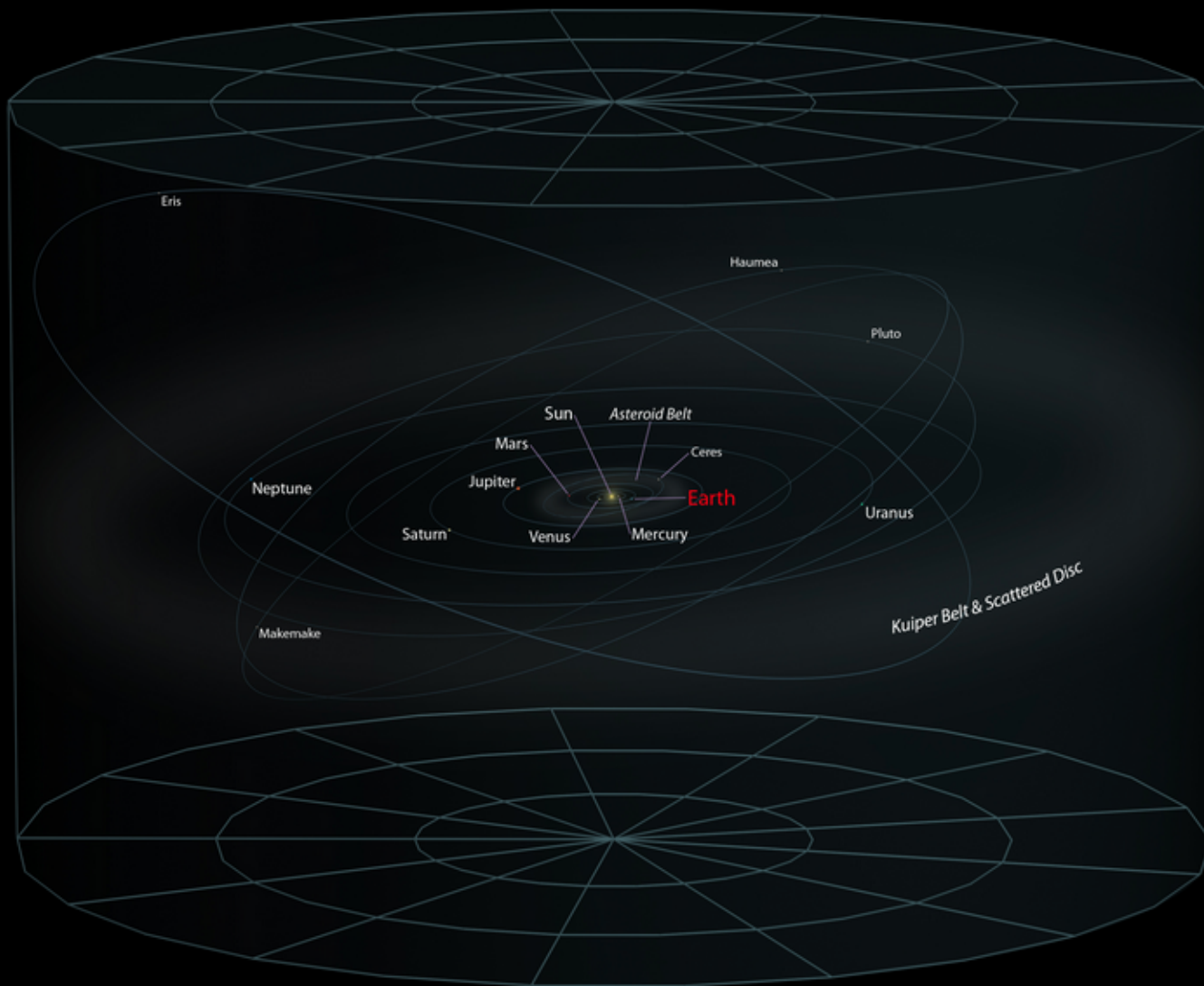
Em um avião normal,
viajando a 1000 km/h,
leva-se 12,7 hs para
atravessar esta
distância.



1 UA = 150 x 10⁶ km → distância Terra – Sol

Escalas Astronômicas

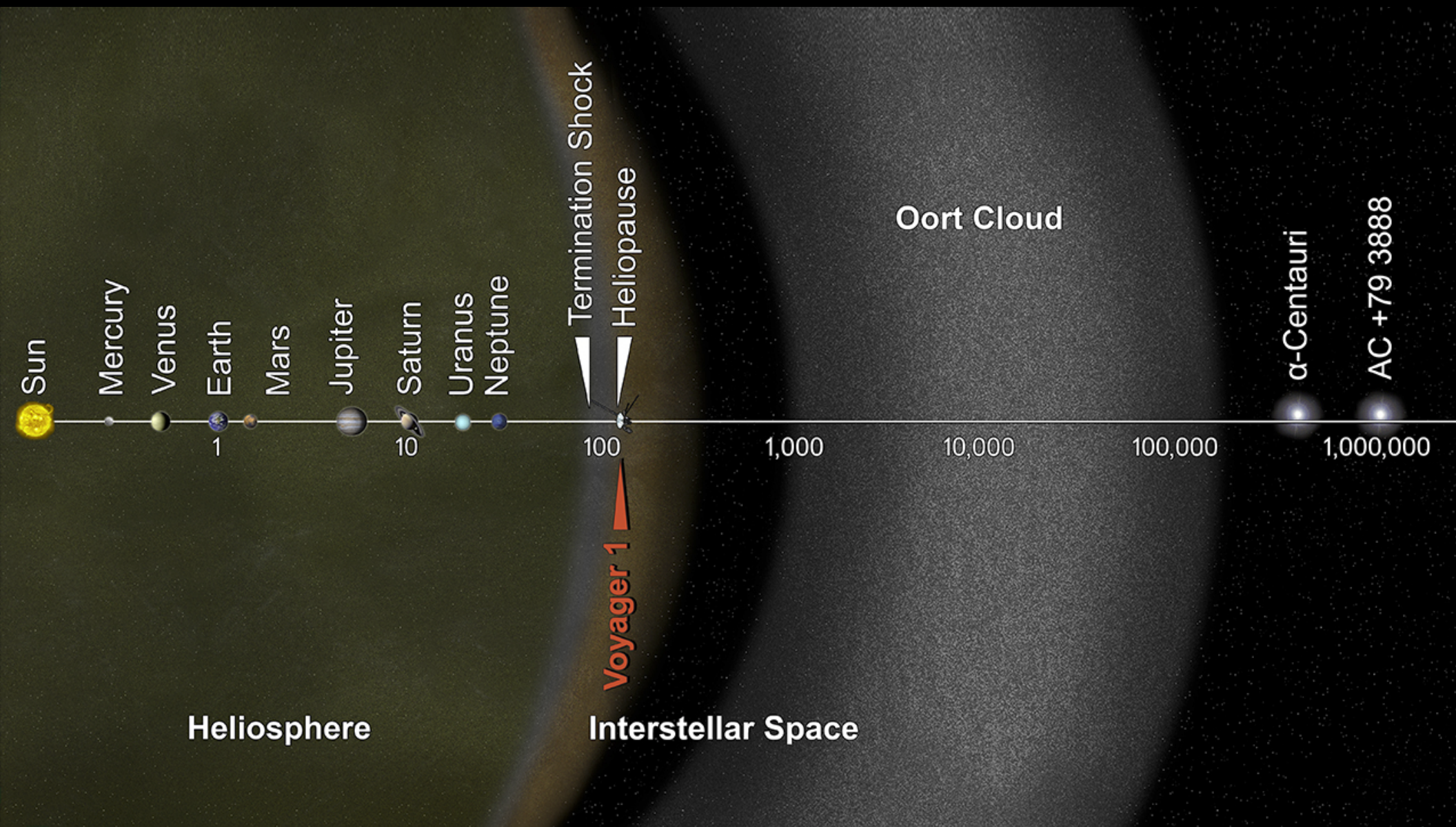
Solar System



- Limites do SS
→ 10^5 u.a.

1 AL (ano-luz) = 10 trilhões de km = 10^{16} m

• α - Centauri → 4,22 anos-luz



Levaria 105 mil anos para a Pioneer 10, lançada em 1972 e que está viajando a 43,8 mil km/h, chegar à estrela mais próxima.

Escalas Astronômicas

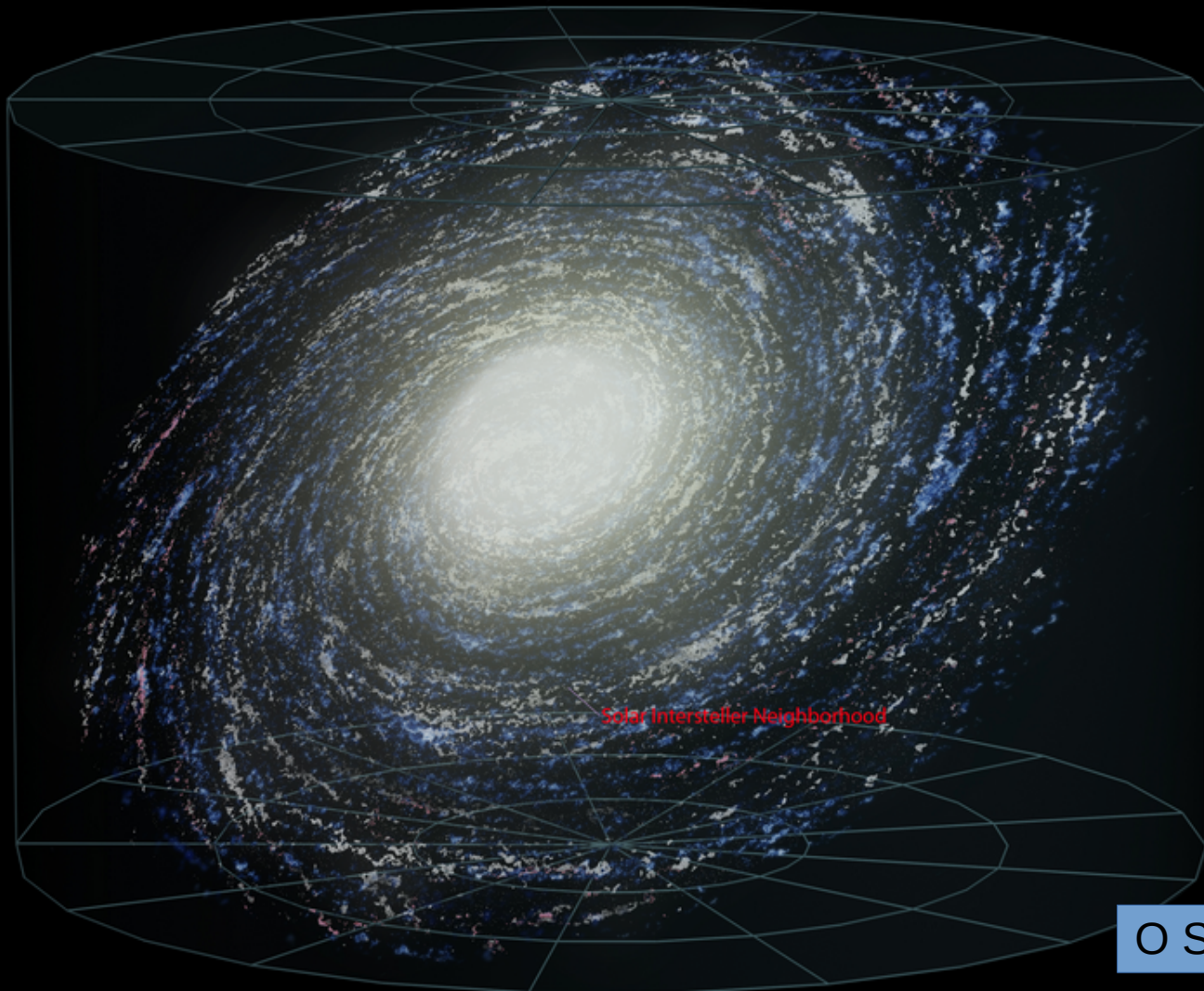
Solar Interstellar Neighborhood



Escalas Astronômicas

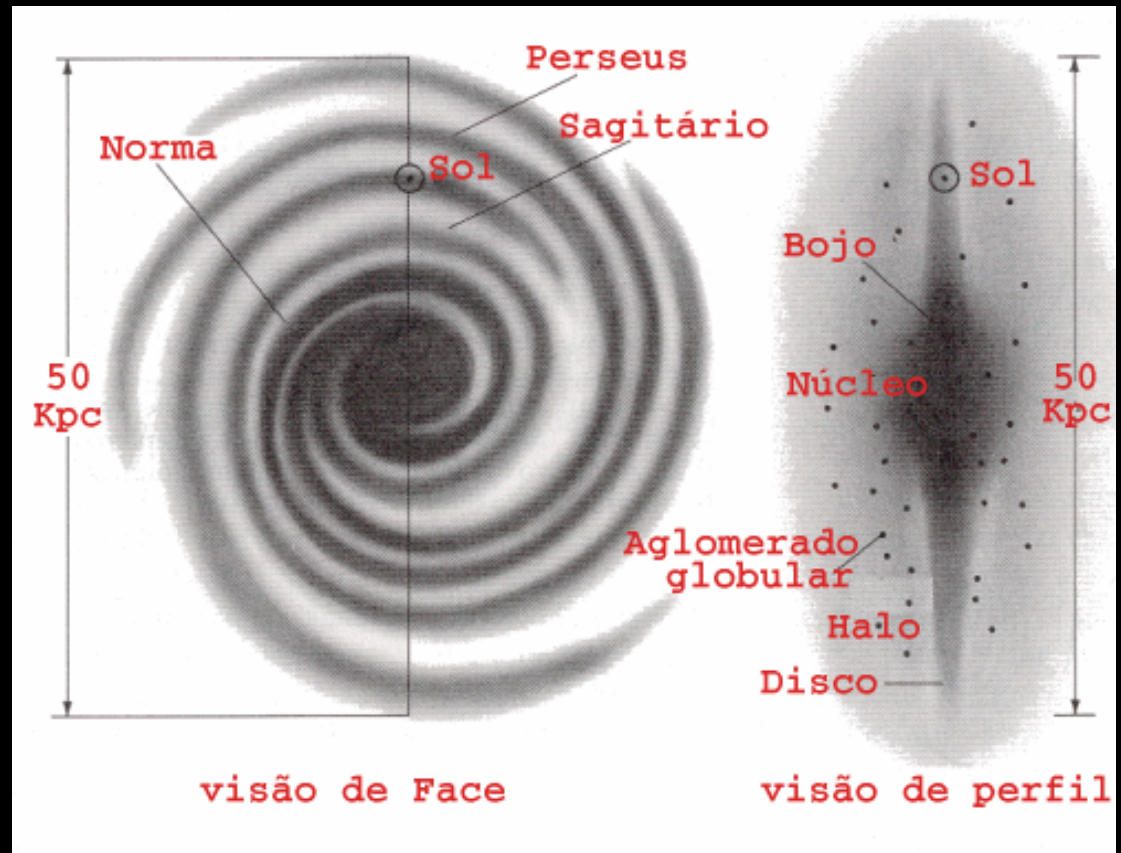
100 mil Anos-Luz, é o tamanho da nossa galáxia, a Via Láctea.

Milky Way Galaxy



O Sol está a 30 000 AL do centro

Via-Láctea



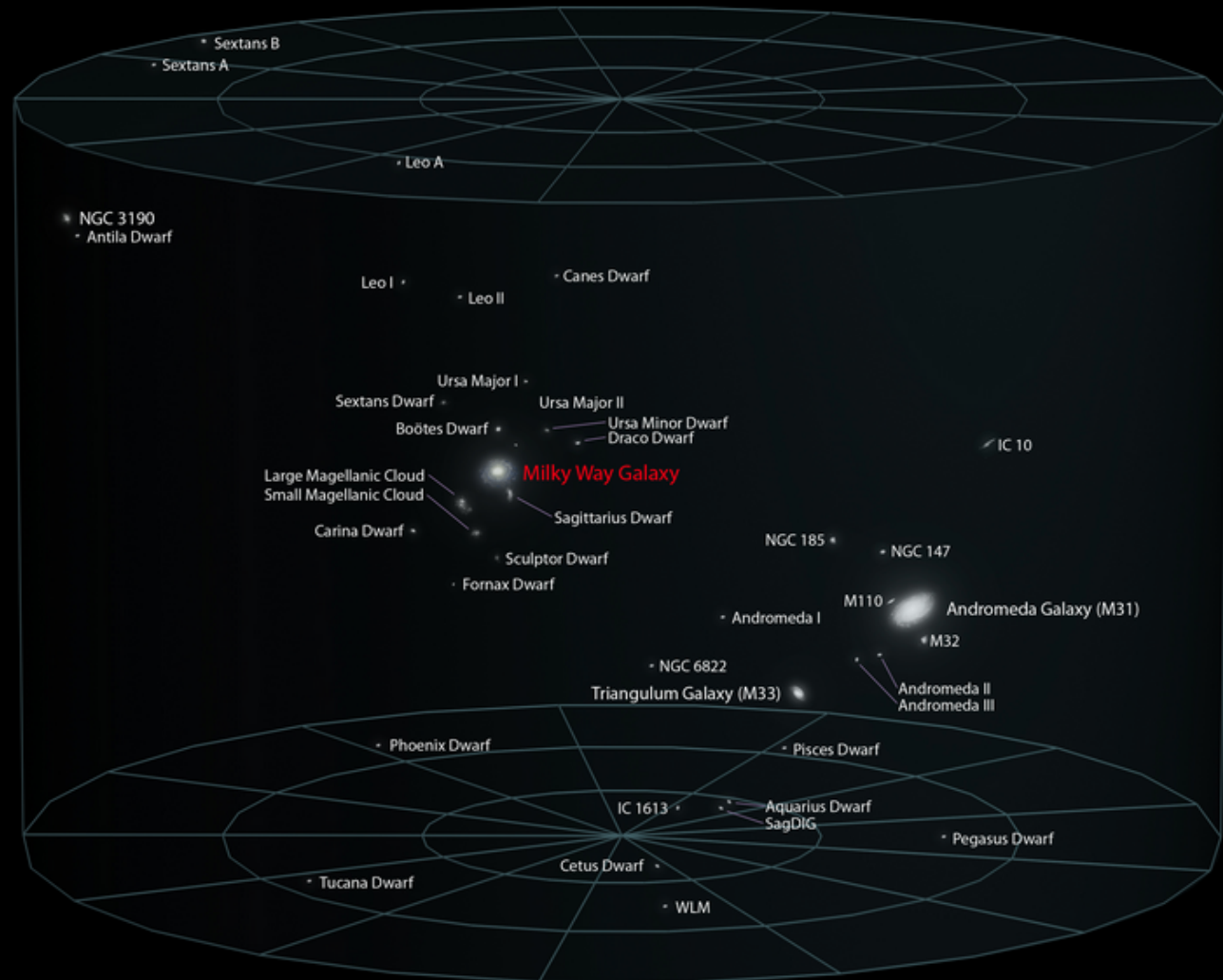
- Para cruzar a galáxia, viajando à velocidade da luz, levaríamos 163.000 anos!

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ anos-luz} = 206.265 \text{ ua} = 3,086 \times 10^{13} \text{ km}$$

Escalas Astronômicas

o diâmetro do Grupo Local que contém 50 galáxias é de 3 milhões de anos luz

Local Galactic Group

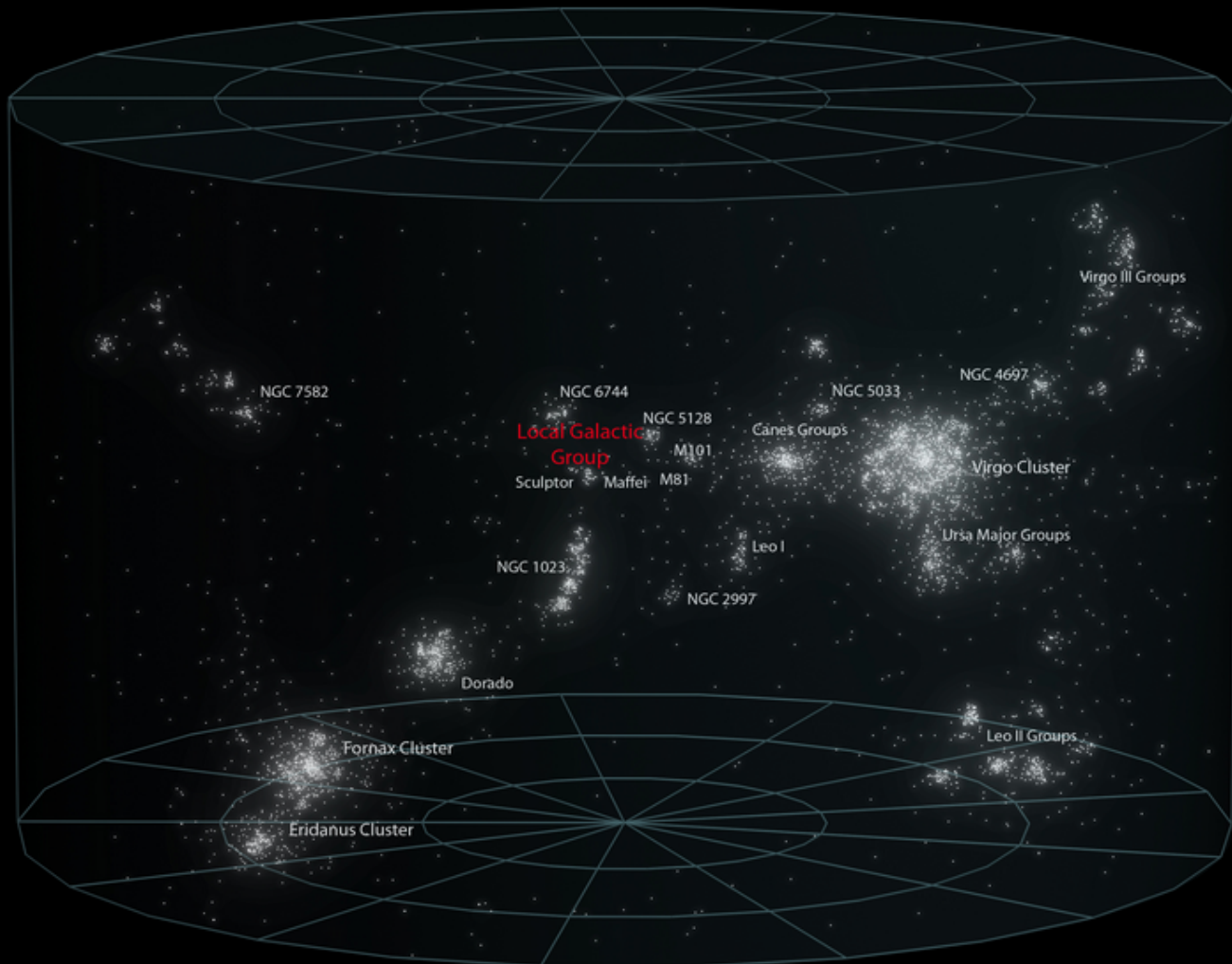


Andrômeda está
a 2 milhões de
anos-luz

Escalas Astronômicas

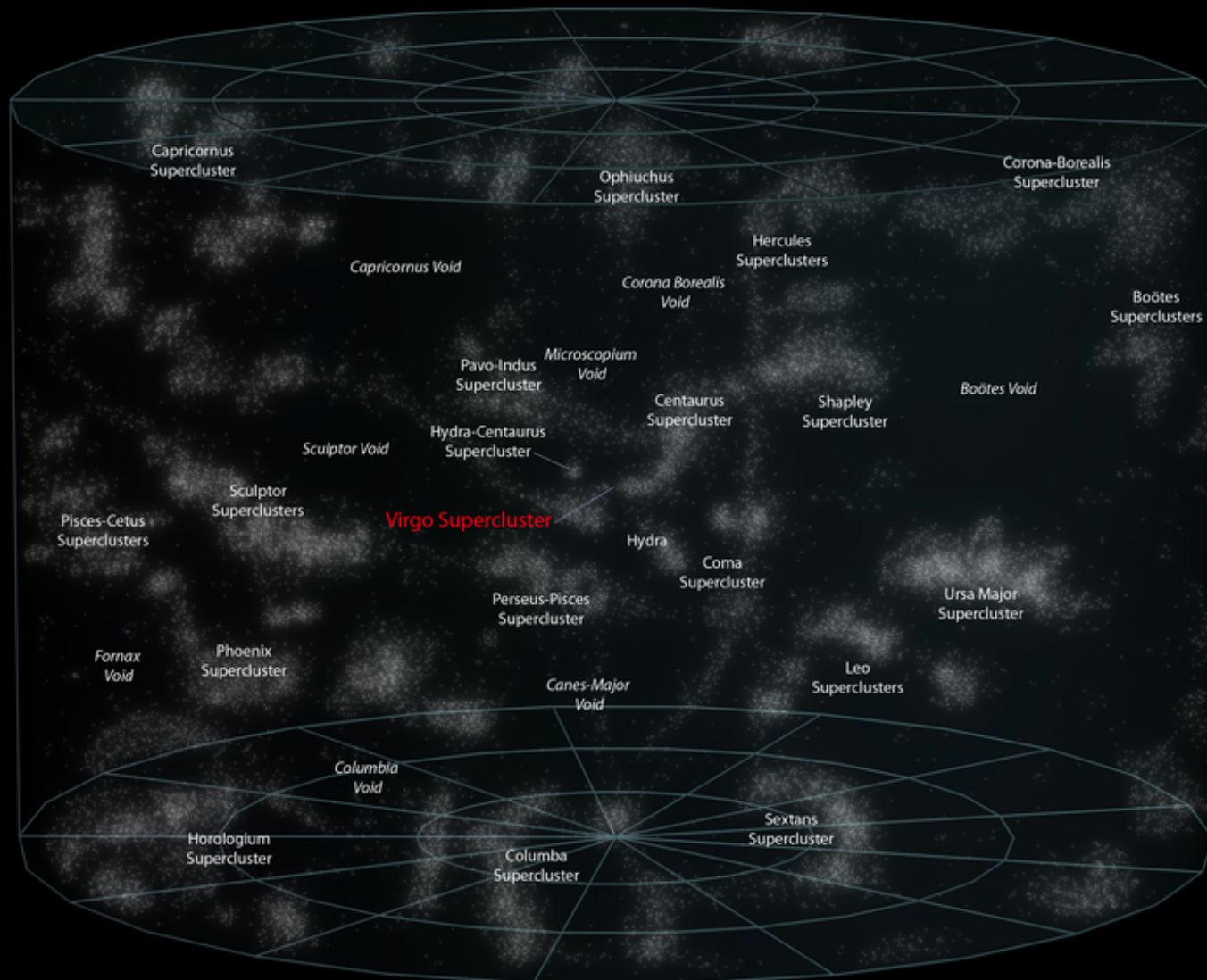
100 milhões de anos luz de diâmetro

Virgo Supercluster



Escalas Astronômicas

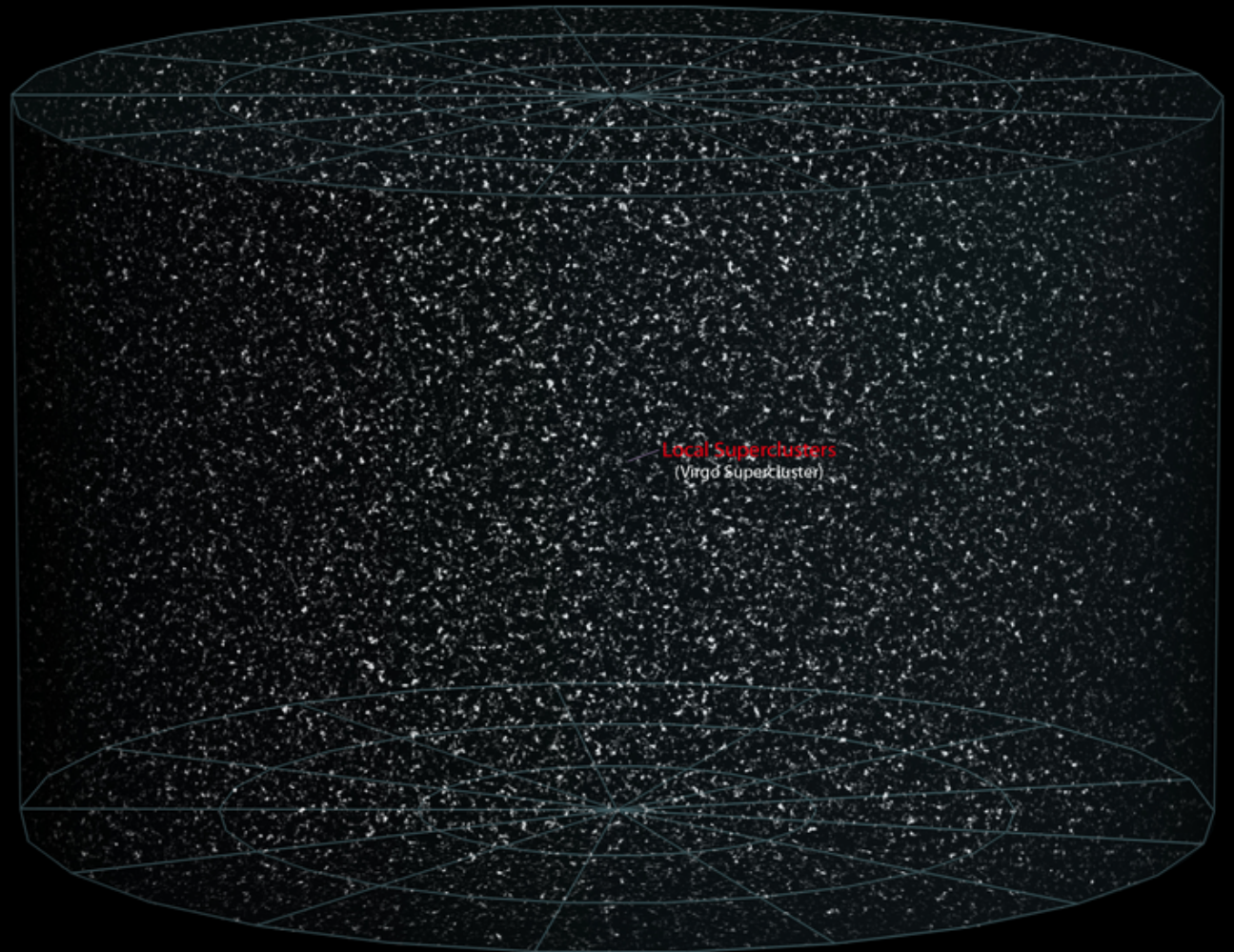
Local Superclusters



Escalas Astronômicas

10 bilhões de anos luz, é aproximadamente o tamanho do nosso Universo, pois ele se formou há 13,78 bilhões de anos, no Big Bang, e 13,78 bilhões de anos-luz é aproximadamente 10^{26} m.

Observable Universe



Escalas Astronômicas

UA

Anos-Luz

Earth

Solar System

Solar Interstellar Neighborhood

Milky Way Galaxy

Local Galactic Group

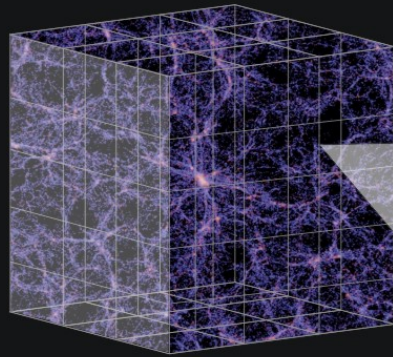
Virgo Supercluster

Local Superclusters

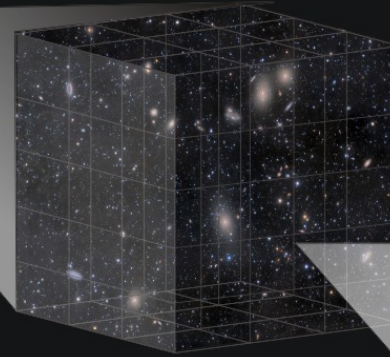
Observable Universe

pc

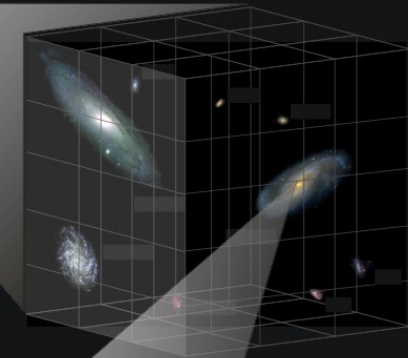
Localizando o planeta Terra no Universo



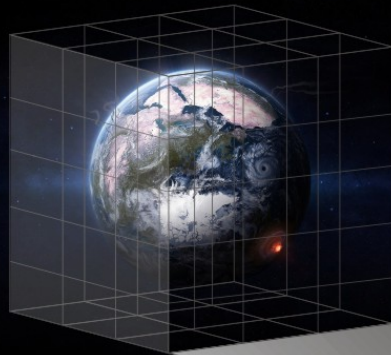
Universo Observável



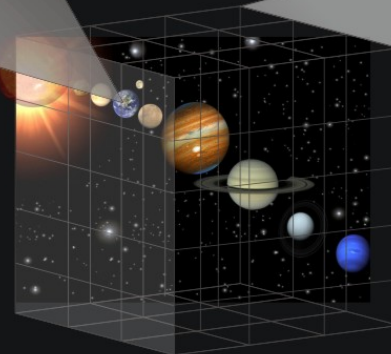
Superaglomerado



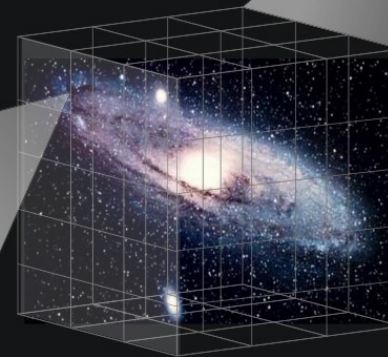
Grupo local de Galáxias



Planeta Terra

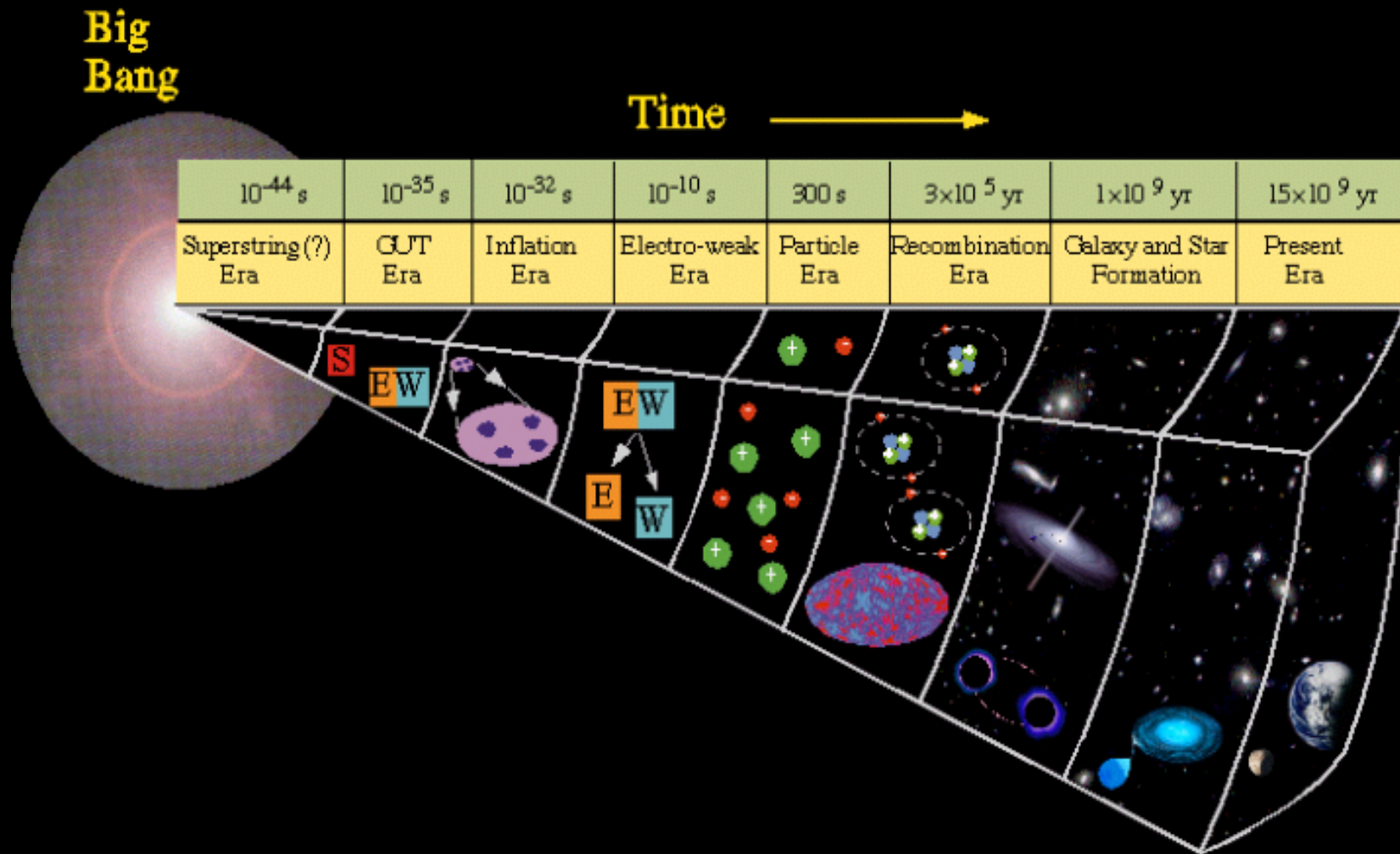


Sistema Solar



Via Láctea

Escala de tempo cósmica



O Ano Cósmico

New Years Day:
The Big Bang

Milky
Way
forms

Sun and
planets
form

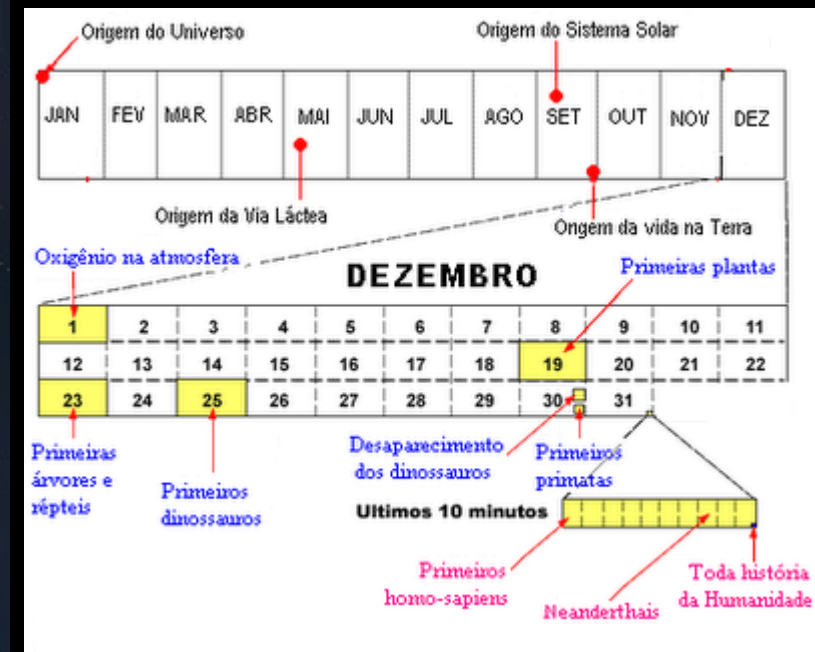
Oldest known
life (single
celled)

First multi-
cellular
organism

January February March April May June July August September October November

December

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15 Cambrian explosion (burst of new life forms)	16	17 Emergence of first vertebrates	18 Early land plants	19	20 First four-limbed animals	21 Variety of insects begin to flourish
22	23	24 First dinosaurs appear	25 First mammalian ancestors appear	26	27 First known birds	28
29 Dinosaurs wiped out by asteroid or comet	30	31 23:54 Anatomically modern humans appear 23:59:45 Invention of writing 23:59:50 Pyramids built in Egypt 23:59:59 Voyage of Christopher Columbus				



Da Necessidade de Marcar a Passagem do Tempo

- A unidade de tempo mais óbvia para os antigos era o dia.
 - DIES (lat.) 'dia' > *deiǵ- (ind.eur) 'brilho, dia, Sol, Deus'
 - Note a semelhança numa língua noutra parte do mundo: 'ARA (tupi) 'brilho, dia, verão, Sol, Universo'
- Para unidades de tempo mais longas, próprias a viagens e grandes jornadas, usou-se o período lunar: o mês.
 - MENSIS (lat.) 'mês' > *mēneses, genitivo de *mēnōt (ind.eur) 'Lua'
- O ano tinha importância para a Agricultura e para a medição de tempo de longa duração, como no cômputo de eventos religiosos e políticos

Sacerdotes & Cientistas

- Os responsáveis pela observação sistemática do céu eram sacerdotes.
- O céu e o movimento dos astros precisava ser computado e interpretado, porque a vida social dependia disso. Era preciso saber em que época plantar, quando viriam as fortes chuvas, etc.;
- Contar dias era fácil, mas quando era preciso medir unidades de tempo mais longas, como o ano, era necessário observar continuamente as modificações do céu, em função do movimento do Sol.

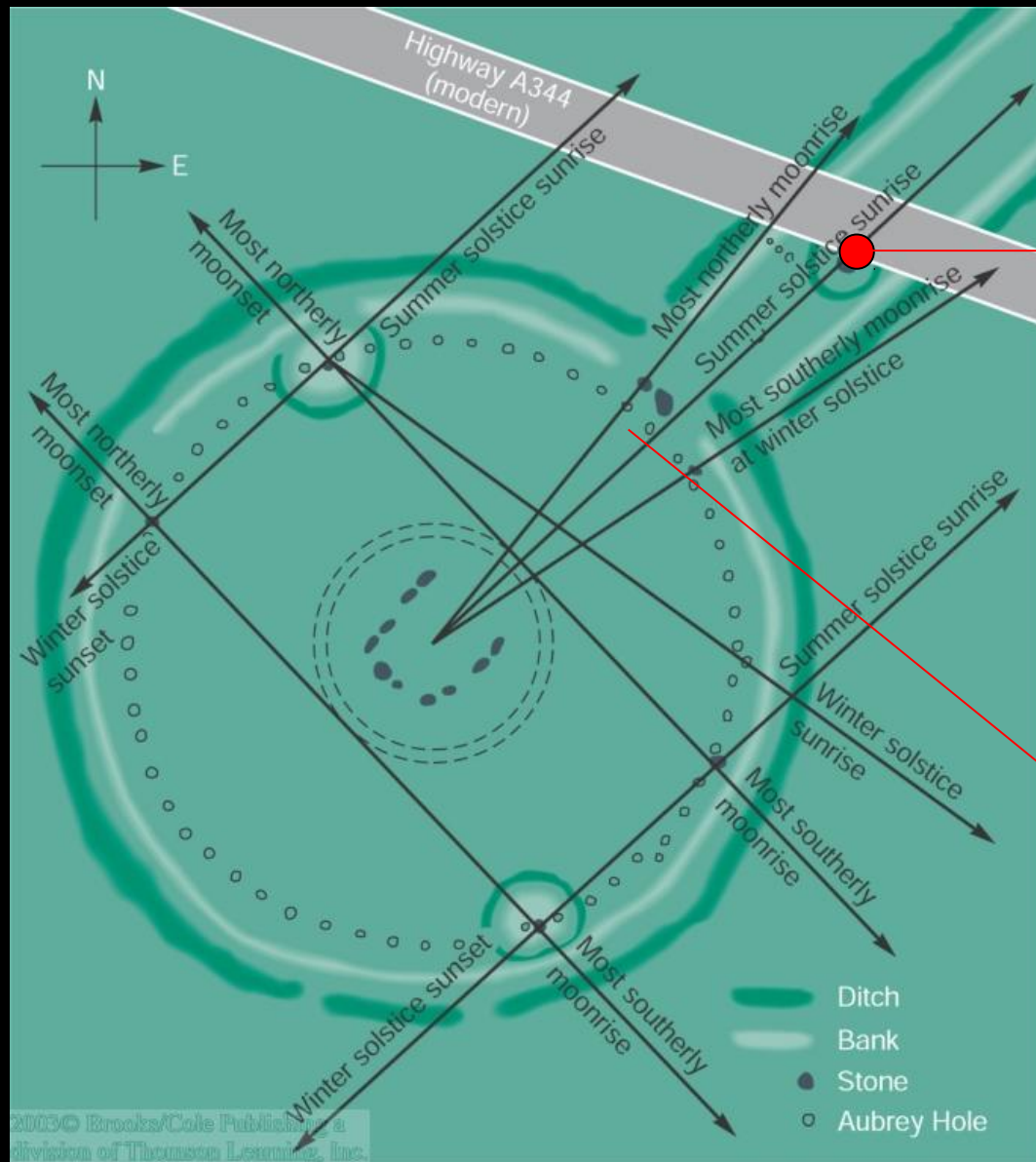
Muito antes...

- Vários séculos antes de Cristo, os chineses sabiam a duração do ano → calendário de 365 dias.
- Deixaram anotações → cometas, meteoros e meteoritos desde 700 a.C.
- Mais tarde, também observaram as estrelas que agora chamamos de **novas**.

Ainda...

- Babilônios, assírios e egípcios → duração do ano, desde épocas pré-cristãs
- Outras partes do mundo: Newgrange (3200 a.C.) **Stonehenge (3000 a 1500 a.C.)**
- Maias: conhecimentos de calendário e de fenômenos celestes

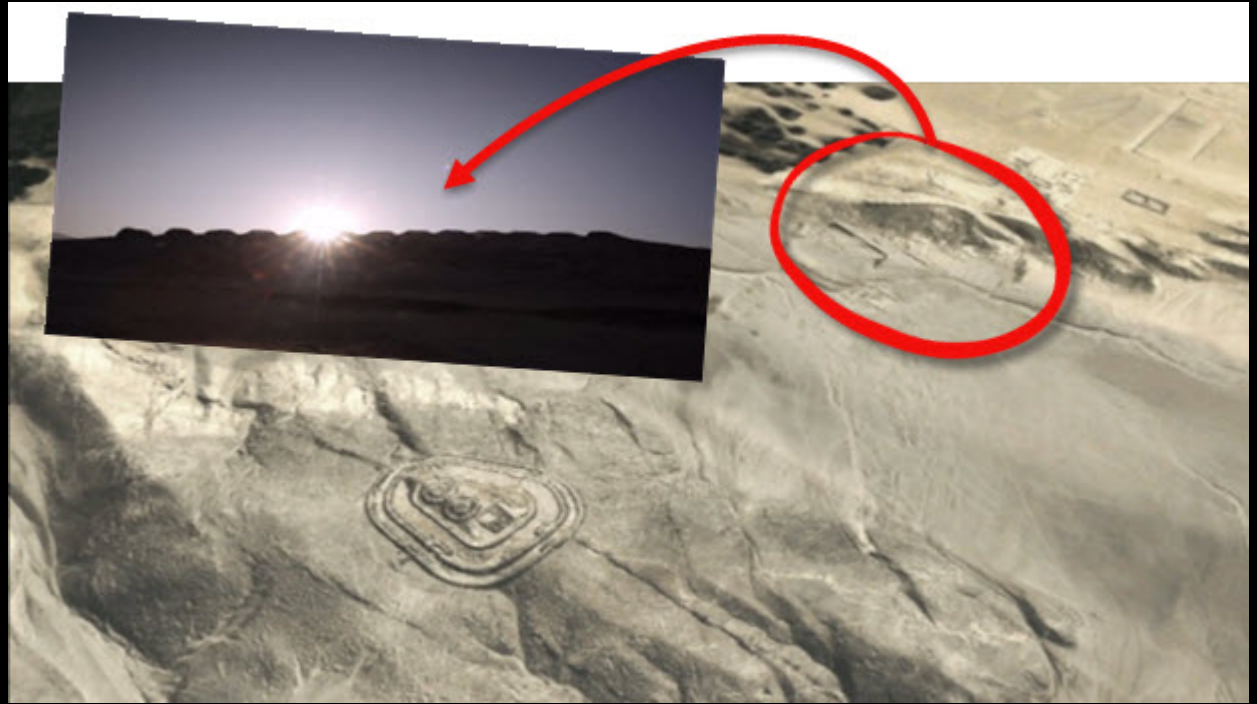
Alinhamentos de Stonehenge



- Peru: Chankillo (200 – 300 a.C.)



- Chankillo (200 – 300 a.C.)



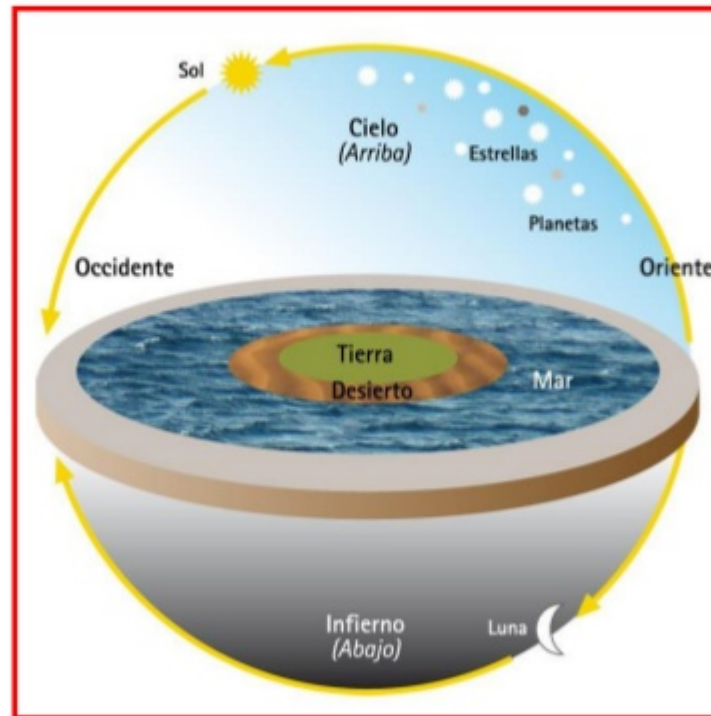
<https://www.youtube.com/watch?v=q13Pz-R8OuE&app=desktop>

Fenômenos Inesperados no Céu

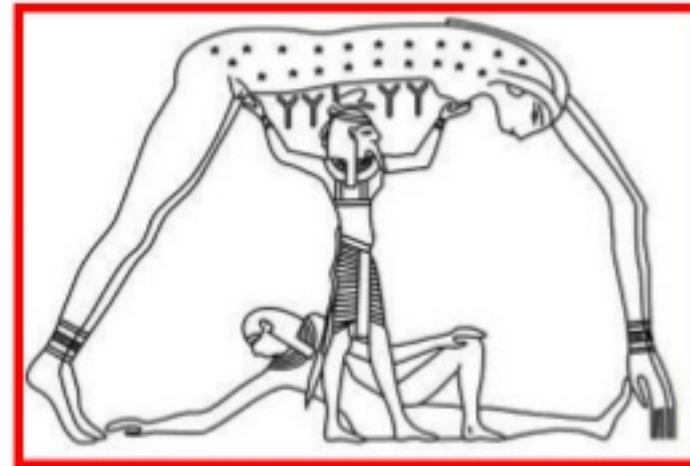
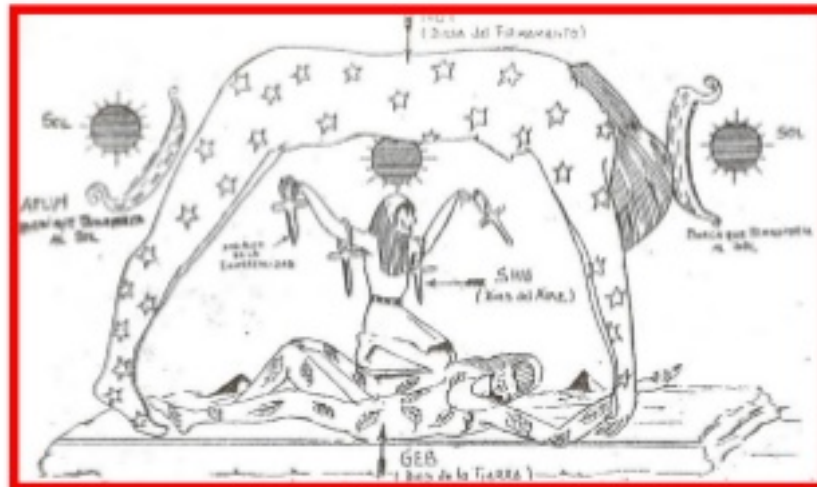
- O papel dos sacerdotes observadores era ainda mais necessário quando algo inesperado quebrava a regularidade do céu.
- Eclipses, cometas, meteoros, novas e supernovas não seguiam nenhum período óbvio. Sua aparição súbita em meio a um céu misterioso e regular era motivo de apreensão e desespero. O evento precisava ser interpretado, pois poderia significar algo, antecipar eventos inesperados também na Terra.
- Desta forma, **a Astronomia ia ganhando cada vez mais importância na sociedade.**

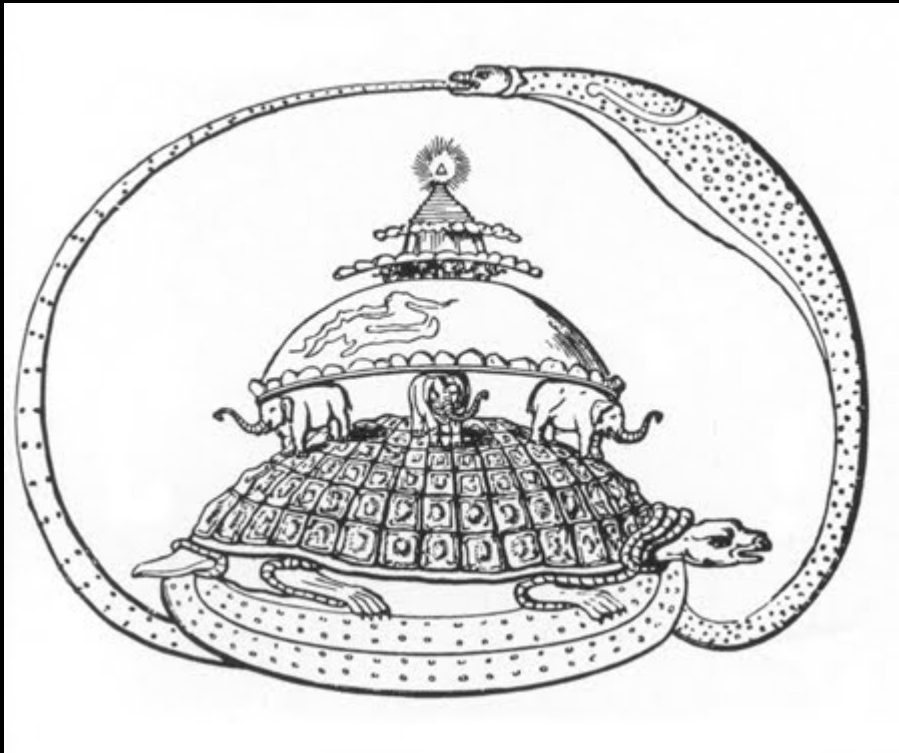
Visão do Cosmos

COSMOVISIÓN EN MESOPOTAMIA

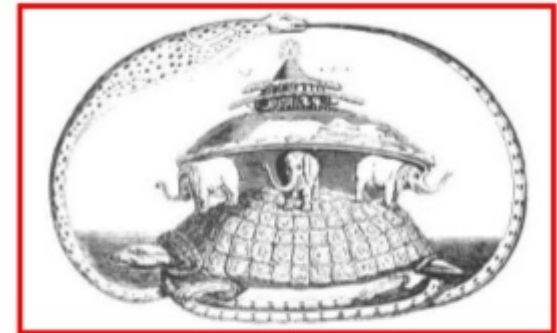


COSMOVISIÓN EGIPCIA





COSMOVISIÓN HINDÚ



COSMOVISIÓN CHINA



Os gregos

- O ápice da ciência antiga se deu na Grécia, de 600 a.C. a 400 d.C.
- Do esforço dos gregos em conhecer a natureza do cosmos, e com o conhecimento herdado dos povos mais antigos, surgiram os primeiros conceitos de **Esfera Celeste**
- *Platão: uma esfera de material cristalino, incrustada de estrelas, tendo a Terra no centro, com outras esferas mais próximas carregando a Lua, o Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno.*

- Tales de Mileto (~ 624 - 546 a.C.): introduziu a geometria e astronomia – pensava que a Terra fosse plana

Previu um
eclipse
solar

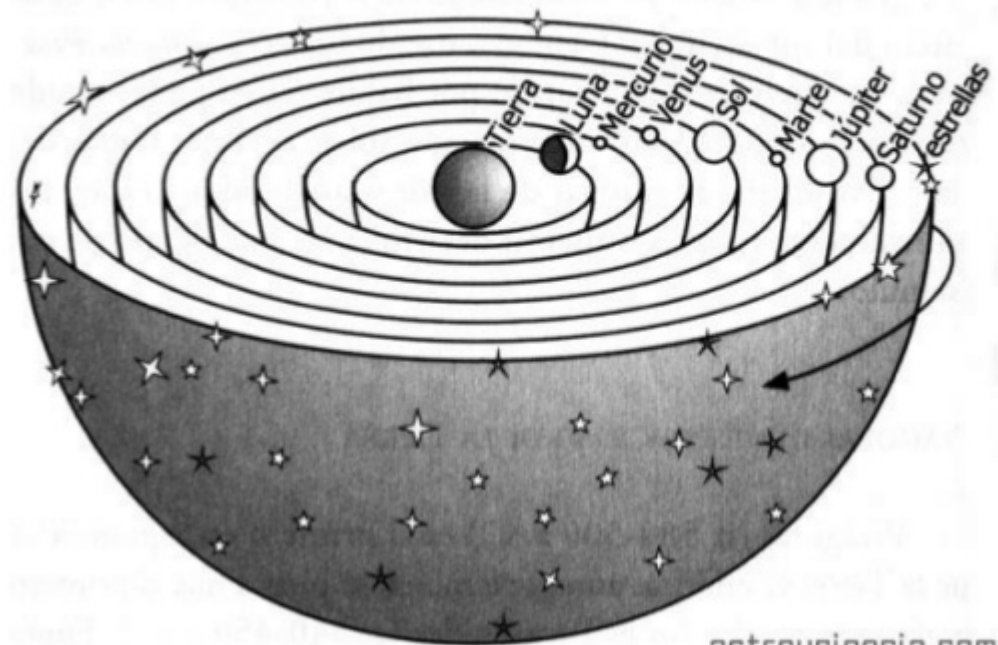
THALES DE MILETO (S. VI – V a.C.)



- Pitágoras de Samos (~ 572 - 497 a.C.): Terra, Lua e outros corpos → esféricos.
- COSMOS: uma ordem domina o Universo

Modelo geocêntrico

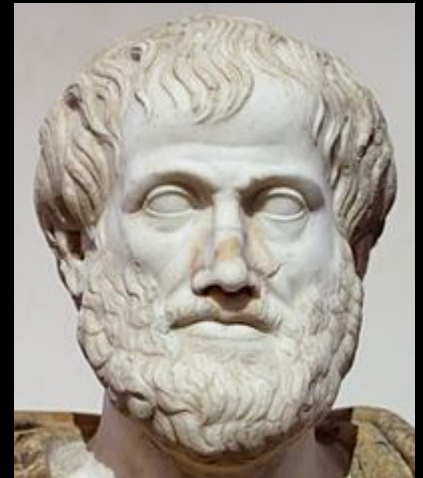
PITÁGORAS (S. V a.C.)



- Euclides de Alexandria (330 a.C.-?): descreve em seu livro, *A Doutrina da Esfera*, o horizonte, os polos, o zênite, as verticais - grandes círculos, os círculos de declinação, o meridiano.
- Heraclides de Pontus (388-315 a.C.): propôs que a Terra gira diariamente sobre seu próprio eixo, que Vênus e Mercúrio orbitam o Sol

Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.)

- Explicou as fases da Lua
- Eclipses : um eclipse do Sol ocorre quando a Lua passa entre a Terra e o Sol; um eclipse da Lua ocorre quando a Lua entra na sombra da Terra.
- Esfericidade da Terra
- Afirmava que o Universo é esférico e finito.



Modelo geocêntrico

ARISTÓTELES (S. III a.C.)



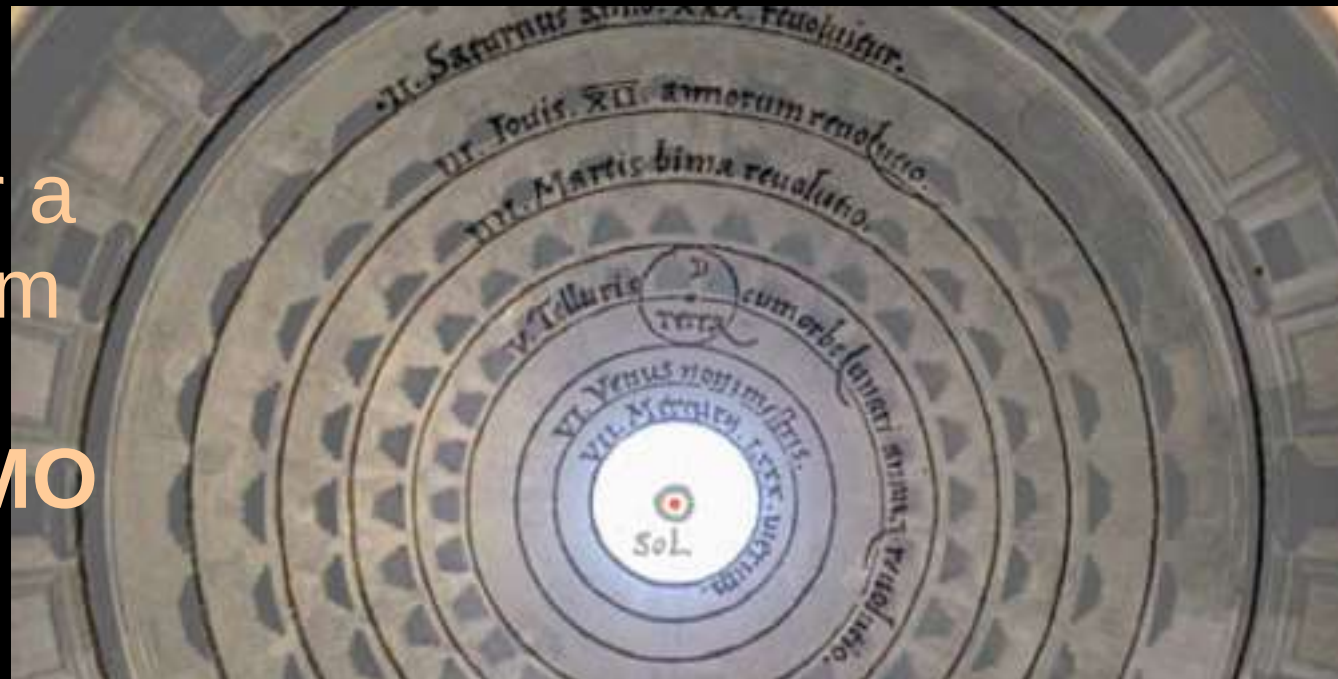
A filosofia de Aristóteles dominou verdadeiramente o pensamento europeu a partir do século XII. A revolução científica iniciou-se no século XVI e somente onde a filosofia aristotélica foi dominante é que sobreveio uma revolução científica.

Aristarco de Samos (310-230 a.C.) e o Tamanho da Lua

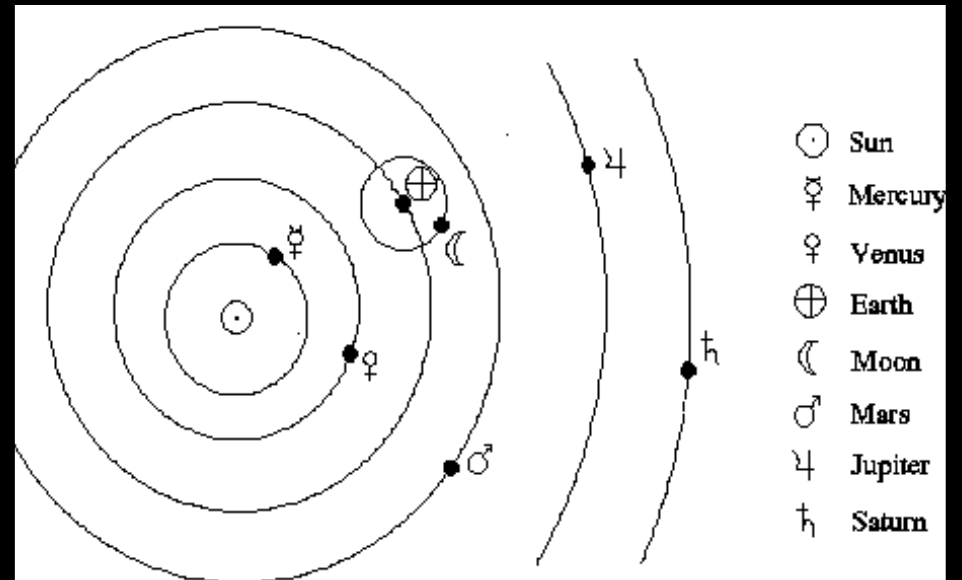
Sobre os tamanhos e distâncias entre o Sol e a Lua

- Aristarco mediu o tamanho relativo da Lua com respeito à Terra considerando quanto tempo a Lua ficava imersa na sombra da Terra durante um eclipse lunar. Assim, ele estimou que o raio lunar media cerca de $\frac{1}{3}$ do raio terrestre.

Primeiro a propor a
Terra se movia em
volta do Sol
HELIOCENTRISMO



Aristarco e o heliocentrismo



O Heliocentrismo Grego

- Com base em seus cálculos de distância, **Aristarco** concluiu que o Sol deveria ser muitas vezes maior do que a Terra.
- Sendo maior, não poderia girar em torno daquela.
- Seu raciocínio levou-o a formular o primeiro **Sistema Heliocêntrico do Mundo**, que acabou esquecido anos depois.

Aristarco e a Distância Terra-Lua

- Comparando o diâmetro angular da Lua na esfera celeste com o diâmetro real da Lua, Aristarco mediu a distância da Terra à Lua em 380.000 km (real: 384.400 km).

Earth

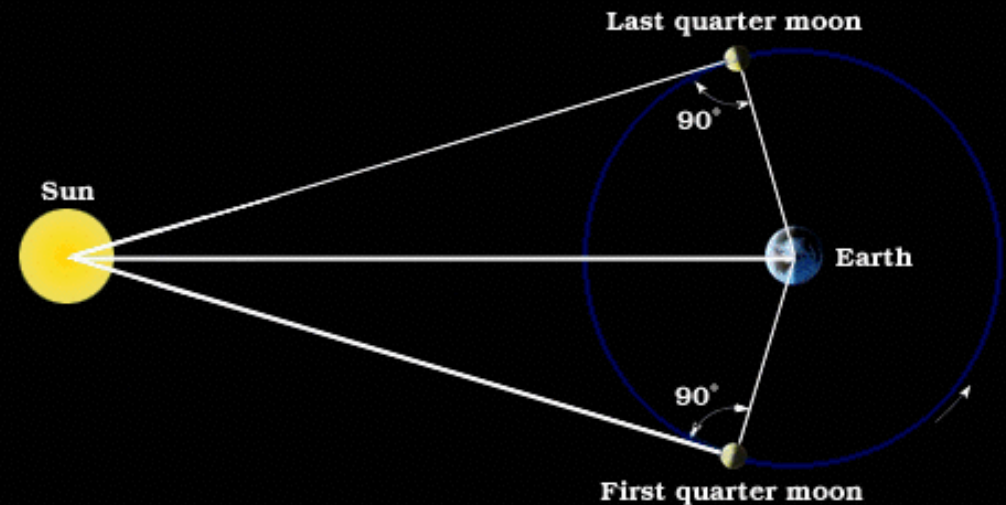


Moon



Aristarco e a Distância Terra-Sol

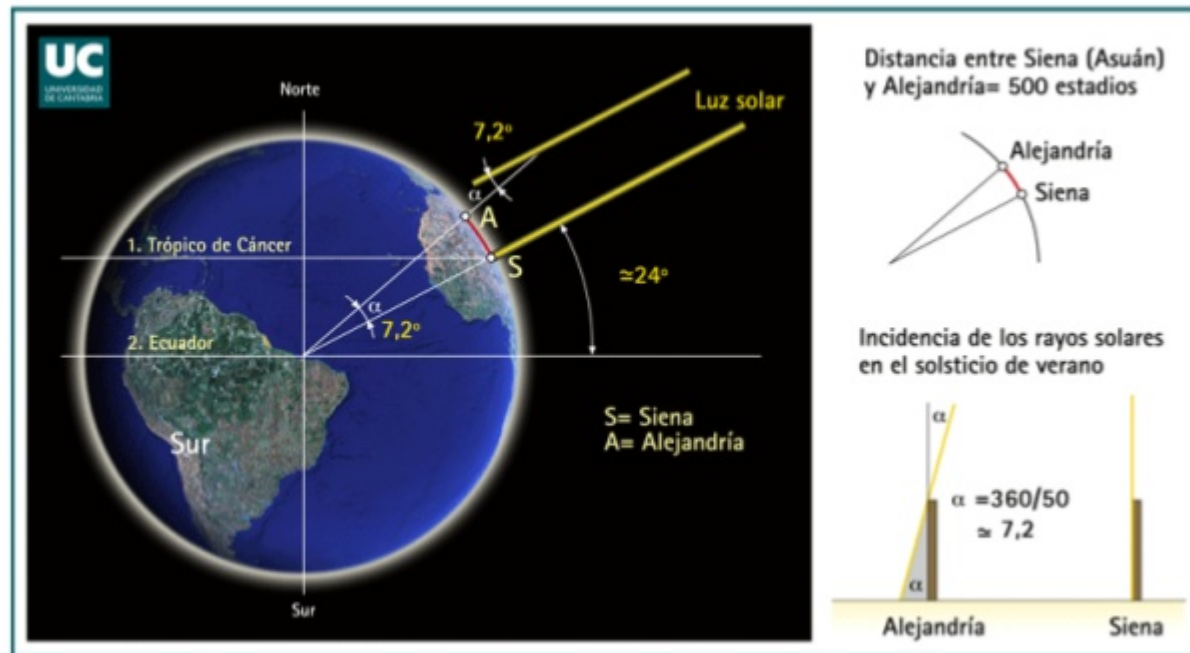
- Aristarco → geometria: mostrar que o Sol estava muito mais distante da Terra do que a Lua.
- Calculou o ângulo entre o Sol e a Lua, na esfera celeste, no momento em que a Lua se encontrava exatamente no quarto crescente ou minguante. Segundo suas contas, esse ângulo valeria 87° , o que implicava em que o Sol estava 19 vezes mais distante da Terra do que a Lua.



Hoje sabemos que esse ângulo vale $89^\circ 51'$ (i.e., o Sol está 380 vezes mais distante que a Lua).

- Eratóstenes de Cirênia (276-194 a.C.): bibliotecário e diretor da Biblioteca Alexandrina de 240 a.C. a 194 a.C., foi o primeiro a calcular o diâmetro da Terra.

ERATÓSTENES (S. II – I a.C.)



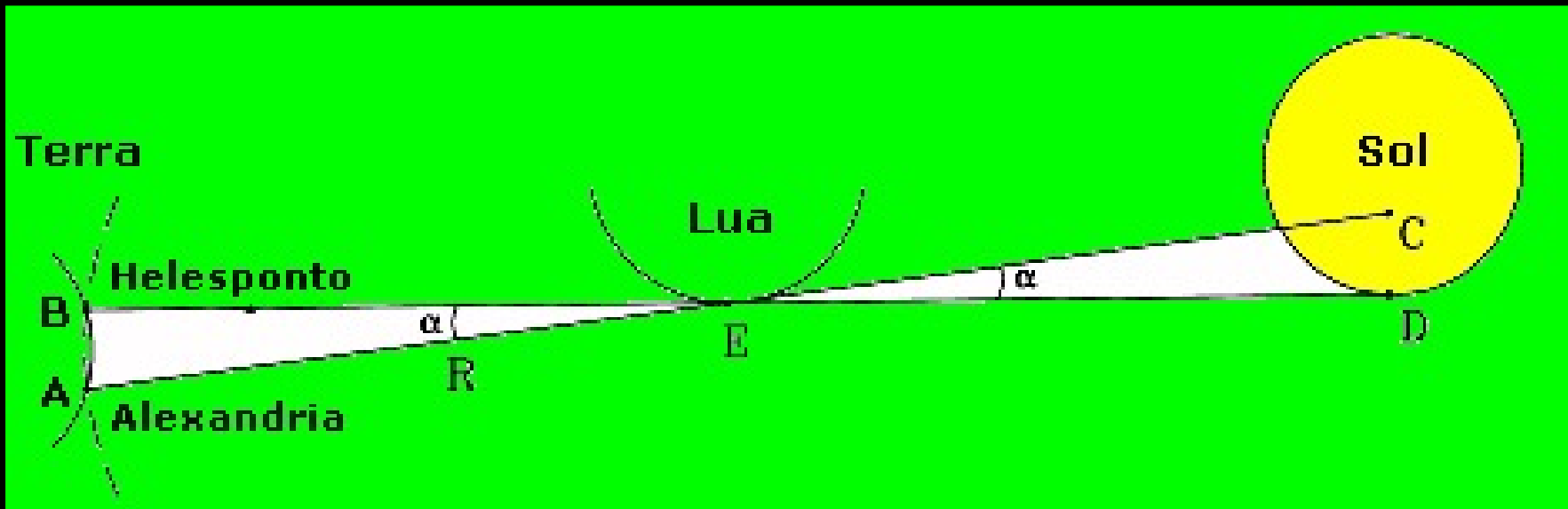
Hiparco de Nicéia (c.190-c.120 a.C.):



- observatório na ilha de Rhodes (147 a 127 a.C.)
 - catálogo com a posição no céu e a **magnitude** de 850 estrelas
 - Ele determinou a duração do ano com uma margem de erro de 6 minutos.
 - **Recusou a teoria Heliocêntrica proposta por Aristarco.**

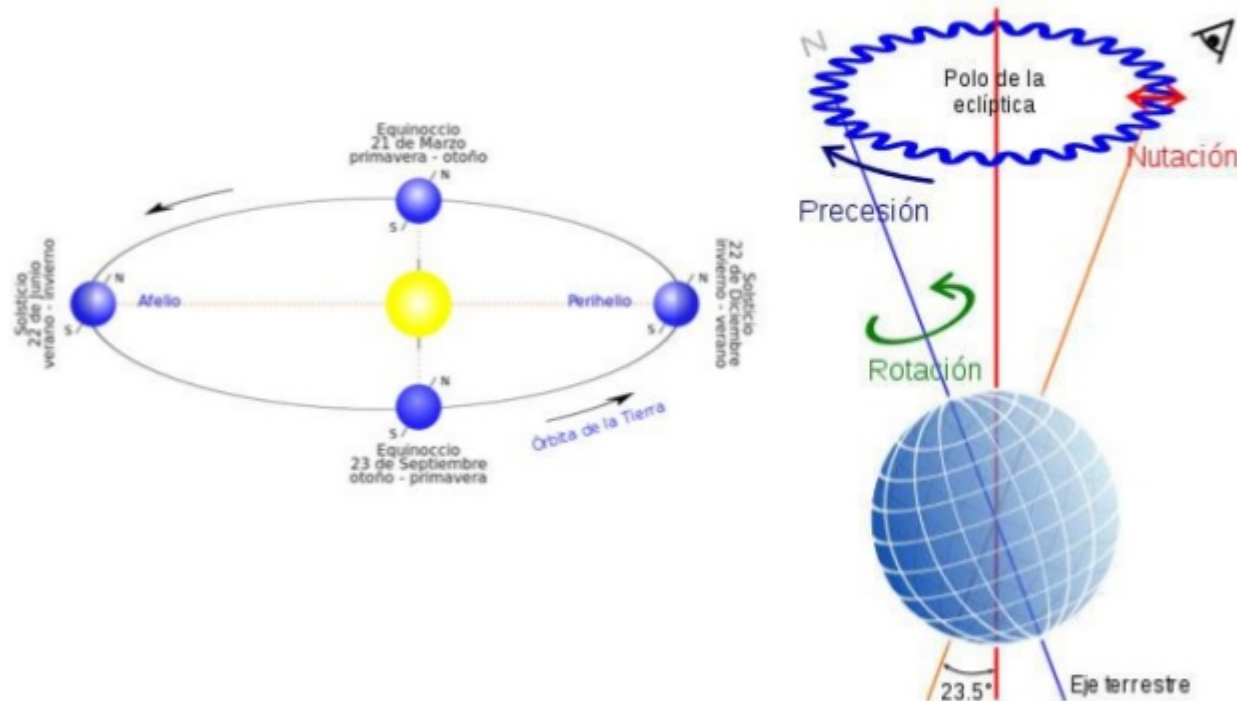
Hiparco e a Distância Terra-Lua

- Hiparco estimou a distância Terra-Lua usando as observações de um eclipse do Sol observado como total, no Helesponto, e como parcial, em Alexandria, no dia 29/11/129 a.C.. Ele encontrou que a distância Terra-Lua valia 62 a 73 raios da Terra (o valor correto é ~ 60 raios).



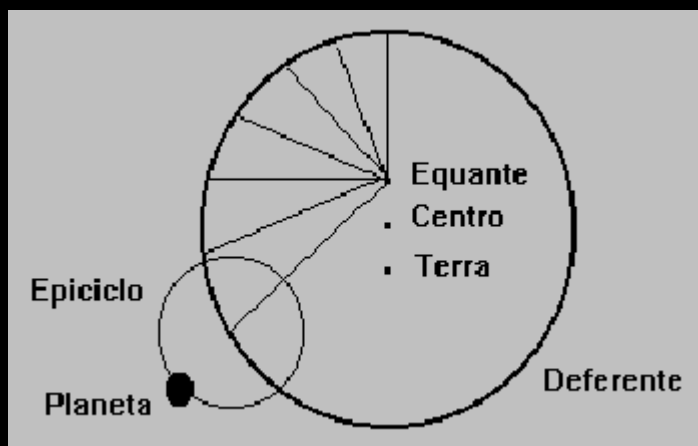
Hiparco e a precessão

HIPARCO DE NICEA (S. I a.C.)



Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.)

- último astrônomo importante da antiguidade
- Ele compilou uma série de treze volumes sobre astronomia, conhecida como o **Almagesto**, que é a maior fonte de conhecimento sobre a astronomia na Grécia.
 - No Almagesto, Ptolomeu apresenta um **sistema cosmológico geocêntrico**



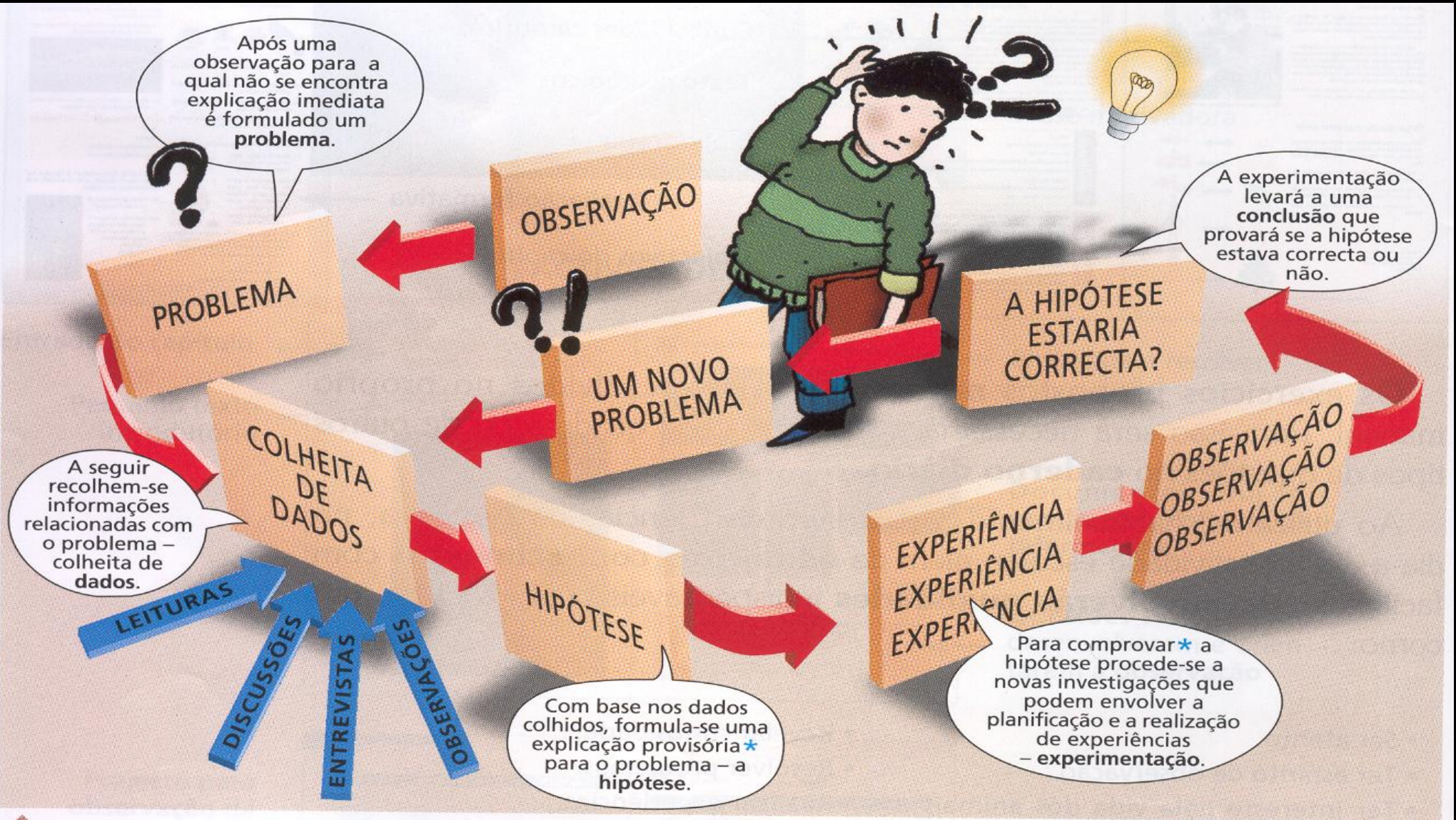
A Astronomia como Ciência

Embora as primeiras elocubrações relacionadas à Astronomia tenham tido um carácter social prático e ritualístico, logo a curiosidade humana se impôs e começou a considerar a **natureza** dos objetos.

Os gregos foram os primeiros povos a dar às observações esta atenção distintiva, usando-as para extrair informação física sobre o mundo.

Este método de inferência foi aperfeiçoado gradativamente com o tempo, dando origem ao que chamamos de **método científico**.

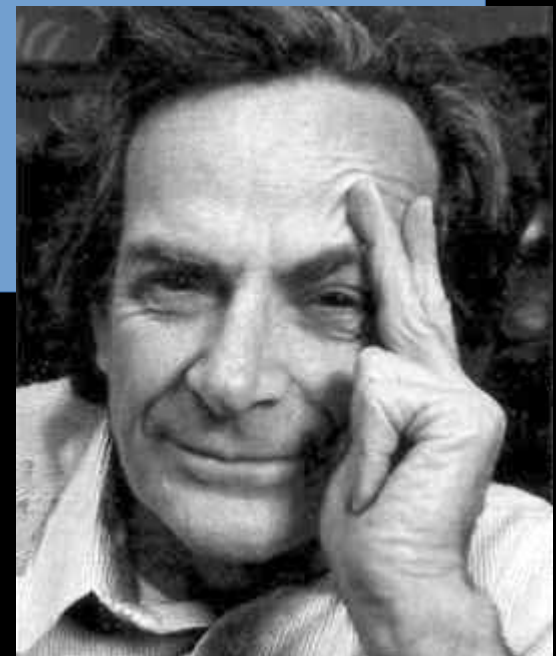
O Método Científico



Limitações da Ciência

O conhecimento científico pode ser descrito como um grupo de asserções com graus variáveis de incerteza; algumas mais prováveis que outras, mas nenhuma absolutamente certa

R. Feynman



“ Não seria um universo se não fosse o lar das pessoas que você ama”



Stephen Hawking

