


Capítulo 6

Gravitação

Universal



“Os céus manifestam a glória de Deus, e o firmamento anuncia as obras das suas mãos.” 

Um dia discursa a outro dia, e uma noite revela conhecimento a outra noite.

Não há linguagem, nem há palavras, e deles não se ouve nenhum som;

no entanto, por toda a Terra se faz ouvir a sua voz, e as suas palavras, até os confins do mundo...”

Salmo 19: 1 a 4



O modelo dos Gregos

- Na antigüidade, os gregos, sob a influência de Aristóteles, imaginavam que o Universo era composto por várias esferas concêntricas, nas quais estariam incrustadas os planetas, as estrelas, o Sol e a Lua.

A Terra estaria no centro do Universo



Em volta da Terra, a esfera da Lua



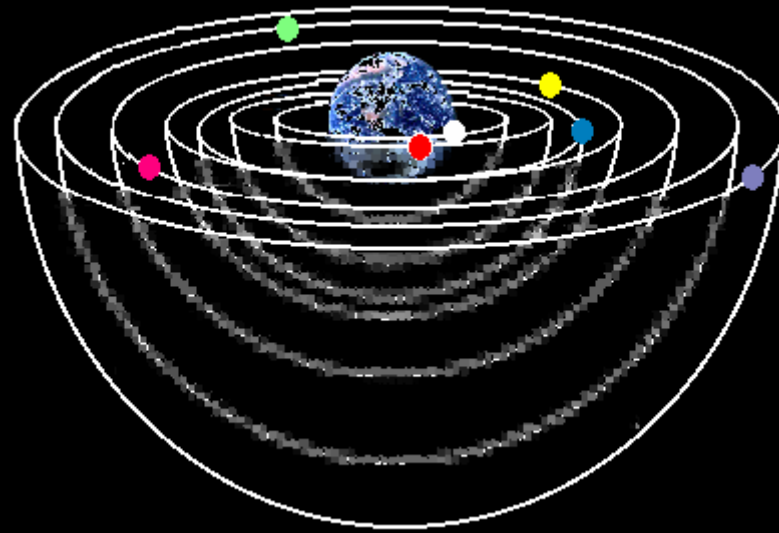
Em volta da esfera da Lua, a esfera de Mercúrio



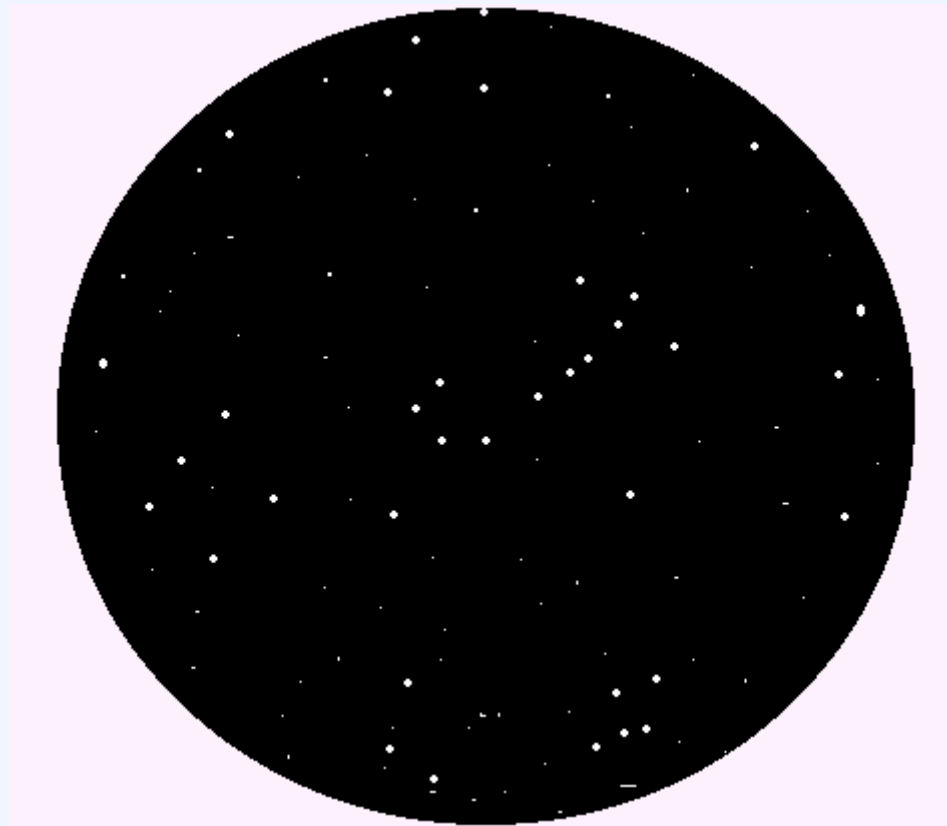
Em volta da esfera de Mercúrio, a
esfera de Vênus



Depois, as esferas do Sol, de
Marte, de Júpiter, de Saturno...



A Terra, as esferas da Lua, do Sol e dos Planetas, estariam dentro de uma grande esfera de cristal:

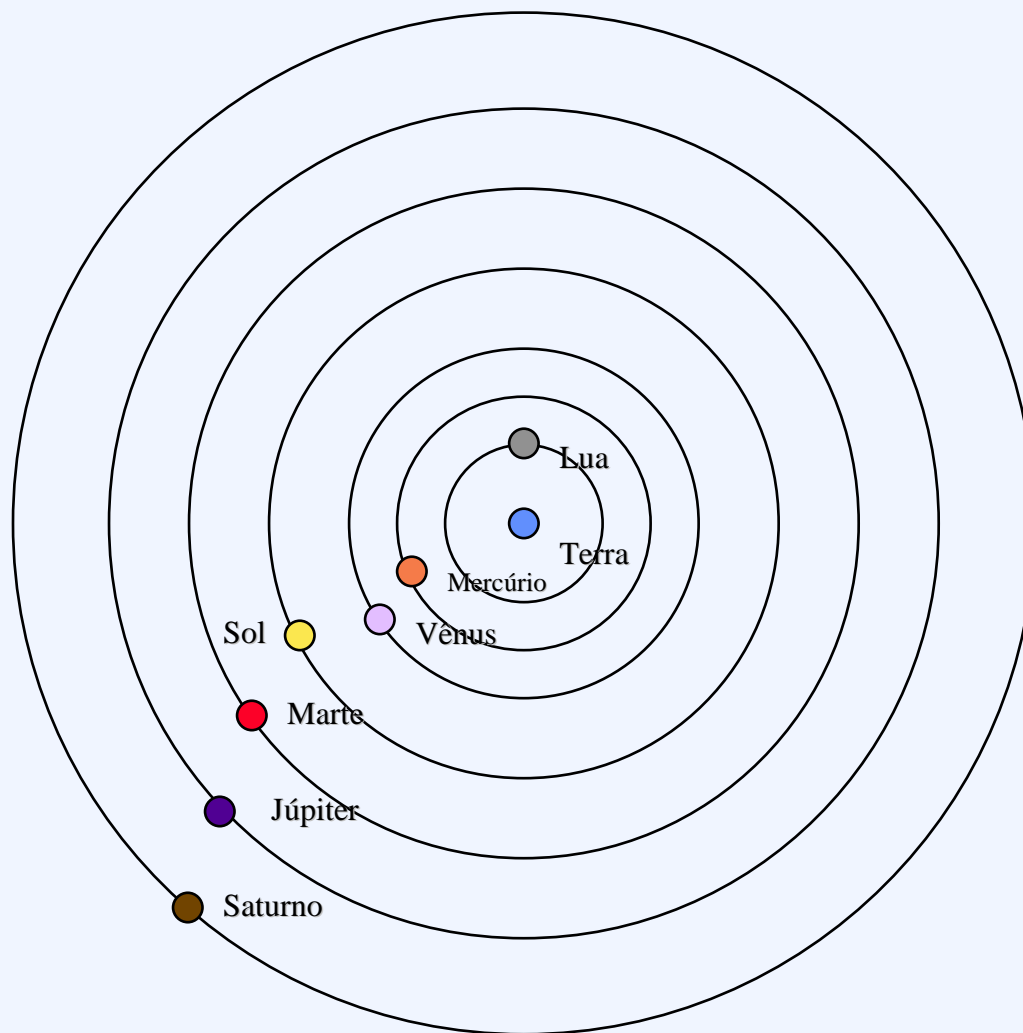


A Esfera das Estrelas

Este modelo é chamado de
Modelo Geocêntrico

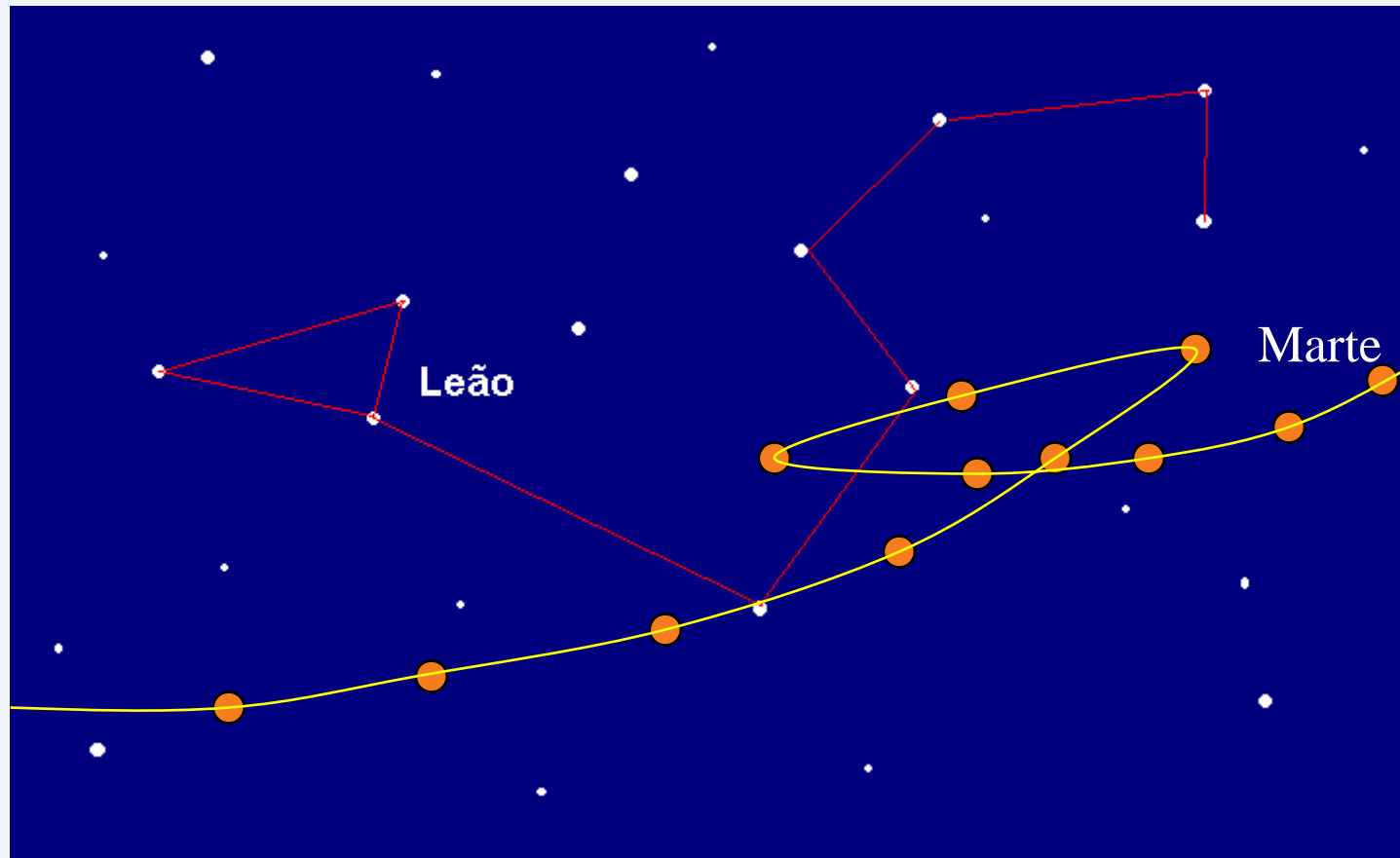


**A Terra ocupa o centro do
Universo**



Este modelo não conseguia explicar completamente o movimento dos planetas e das estrelas.

O Modelo grego não explicava o movimento retrógrado dos planetas



12^a Semana

Ptolomeu, que viveu no séc.II d.C., desenvolveu um modelo que explicava o movimento retrógrado dos planetas.

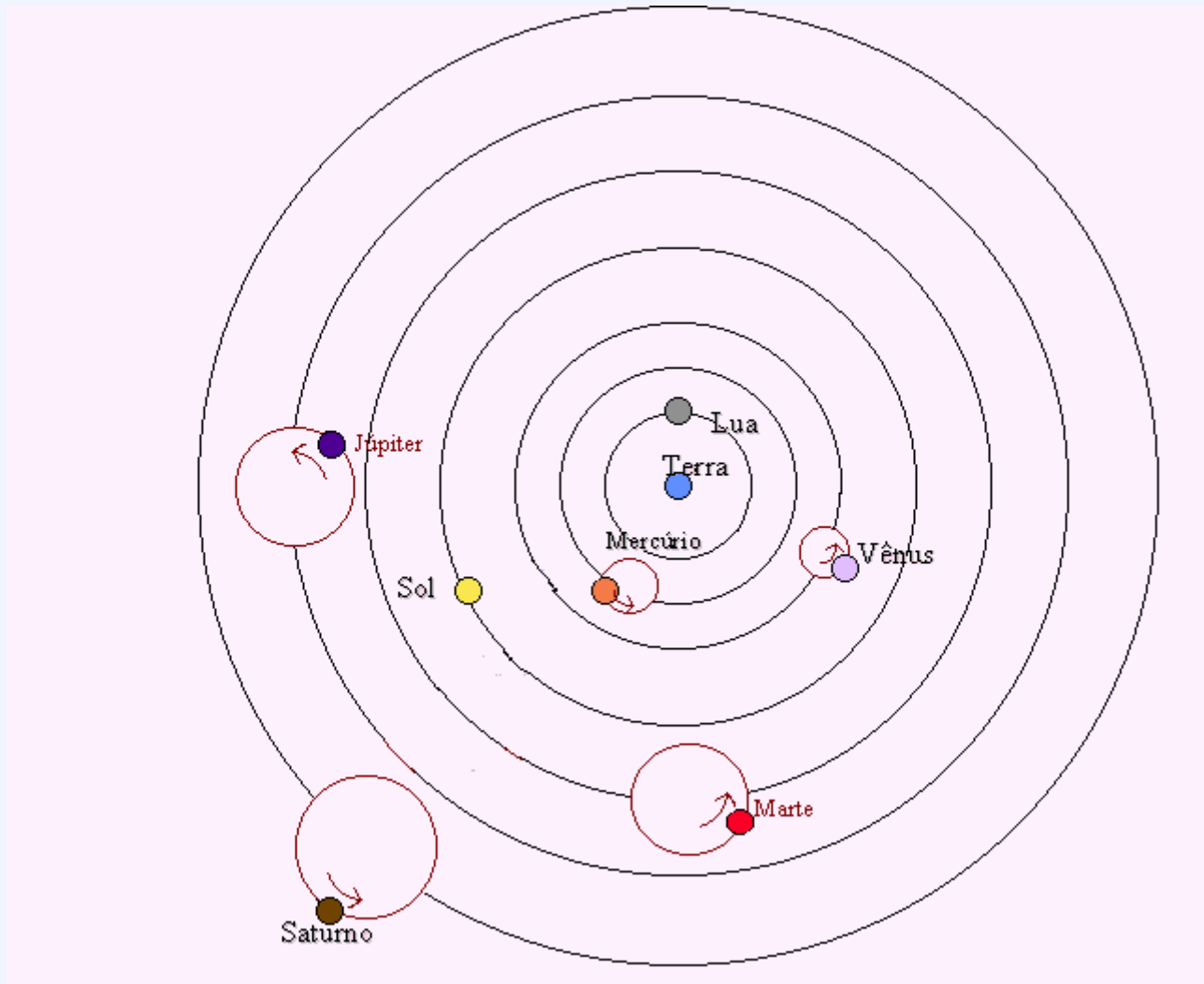


No modelo de Ptolomeu, a Terra ocupa o centro do Universo, em torno dela, movem-se a Lua e o Sol em órbitas circulares.

Os planetas giram em órbitas mais complexas - descrevem pequenos círculos, chamados epiciclos, cujos centros se movem em círculos maiores em torno da Terra.

Após os planetas há uma grande esfera onde as estrelas estão incrustadas.

Modelo geocêntrico de Ptolomeu





O modelo de Ptolomeu prevaleceu por cerca de quatorze séculos. Porém, algumas observações de movimentos planetários ainda não coincidiam perfeitamente com este modelo.



No início do séc.XVI, Nicolau Copérnico desenvolveu um sistema planetário onde o Sol ocupa o centro do Universo.

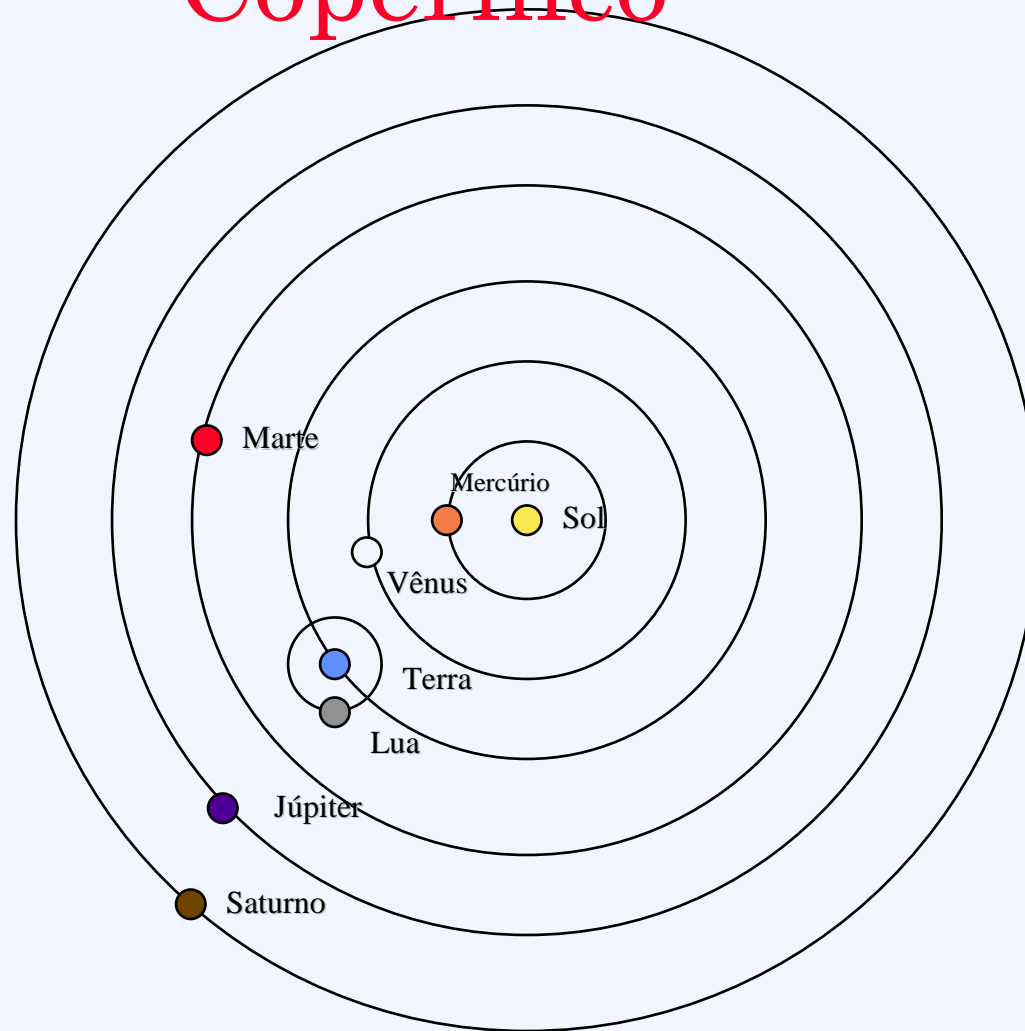
Neste modelo, a Terra e os planetas giram em torno do Sol e o único corpo que gira em torno da Terra é a Lua.

Modelo Heliocêntrico



O Sol é colocado no centro do sistema

Modelo Heliocêntrico de Copérnico





O Modelo de Copérnico foi rejeitado pela Igreja (que aceitava as idéias de Aristóteles) e por um grande número de astrônomos da época.

Apesar da oposição religiosa e científica, as idéias de Copérnico sofreram pequenas alterações e foram se consolidando com o apoio e a contribuição de outros cientistas como Galileu, Kepler e Newton.

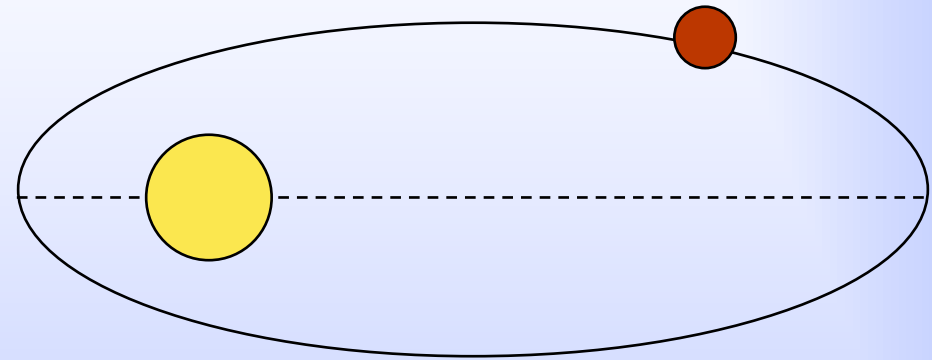
As três leis de Kepler



Primeira Lei de Kepler



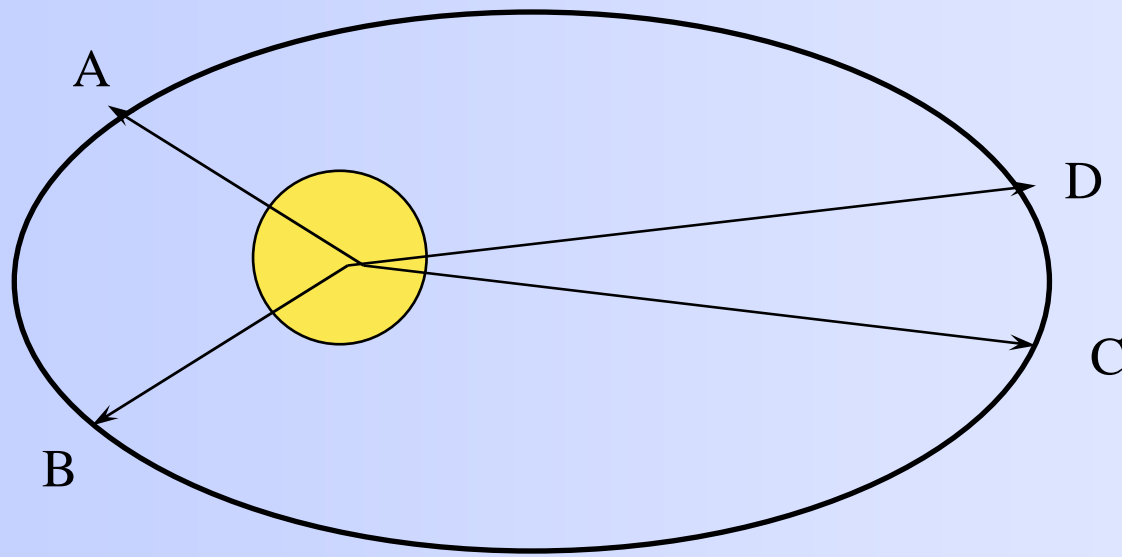
Qualquer planeta gira em torno do Sol, descrevendo uma órbita elíptica, da qual o Sol ocupa um dos focos.



Segunda Lei de Kepler



A reta que une um planeta ao Sol,
"varre" áreas iguais em tempos
iguais.





Terceira Lei de Kepler

$$T^2 \propto R^3$$

Os quadrados dos períodos de revolução dos planetas são proporcionais aos cubos dos raios de suas órbitas.

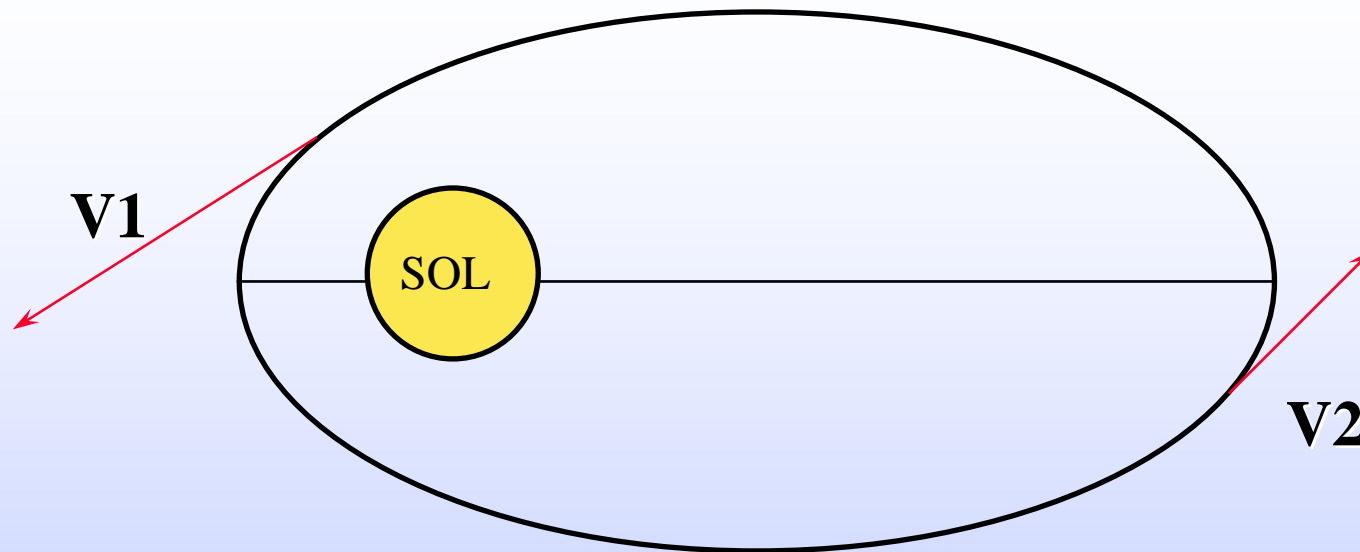
Aplicação da Terceira Lei de Kepler



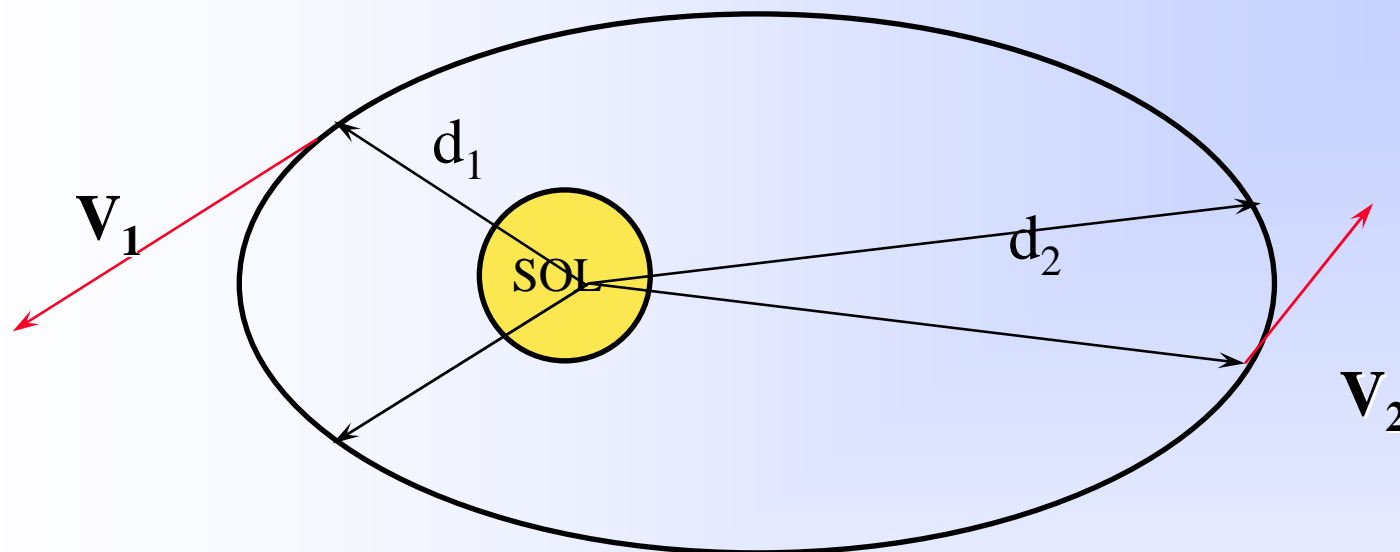
Planeta	Período de Revolução (T) (anos)	Raio da órbita (em U.A.)*	T^2/r^3 (ano) ² /(U.A.) ³
Mercúrio	0,241	0,387	1,002
Vênus	0,615	0,615	0,723
1,000	Terra	1,000	1,000
1,000	Marte	1,000	Marte
1,881	1,524	0,999	0,999
Júpiter	11,86	5,204	5,204
0,997	Saturno	29,6	29,6
9,58	0,996	Urano	Urano
83,7	19,14	1,000	1,000
Netuno	165,4	30,2	30,2
0,993	Plutão	248	248
39,4	1,004		

(*): 1 U.A. = 1 Unidade Astronômica = raio da órbita da Terra =

Esta é a órbita de um planeta em torno de uma estrela



$|V1| > |V2|$ Por que?



O raio que une a estrela ao planeta varre áreas iguais em tempos iguais. Como $d_1 < d_2$ a ponta do vetor d_1 terá maior velocidade a fim de delimitar a mesma área no mesmo intervalo de tempo.



O cometa Halley é um exemplo desse comportamento. Enquanto está se aproximando do Sol a sua velocidade aumenta. À medida que se afasta, a velocidade diminui. Ele demora 76 anos para fazer uma volta completa, indo além da órbita de Netuno.

Observações sobre as três leis de Kepler

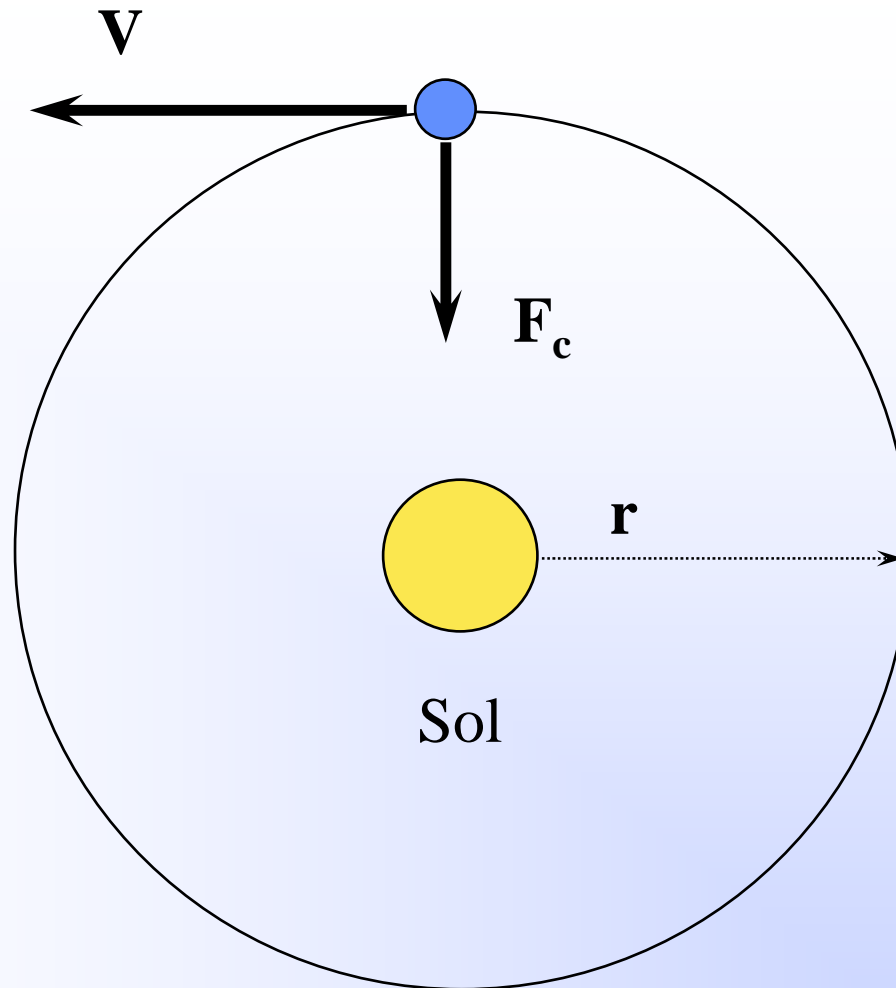


Kepler lançou as leis básicas da Mecânica Celeste, mas seu trabalho abrange a cinemática do movimento planetário. A determinação das forças que atuam nesse movimento, a dinâmica, foi feita por Newton, alguns anos mais tarde.

Essas três leis são válidas para quaisquer corpos que gravitem em torno de outro corpo, cuja massa seja bem maior.



Gravitação Universal



Newton supôs que se os planetas orbitam o Sol, é porque há um força centrípeta (F_c) agindo sobre eles, caso contrário, suas trajetórias não seriam curvas.



**Isaac Newton
afirmou que
essa força centrípeta
é causada pela atração
do Sol sobre
o planeta.**



Baseando-se em suas leis do movimento e nos estudos de Kepler, Newton concluiu:

- F_c é proporcional à massa m do planeta.
- F_c é proporcional à massa M do Sol.
- F_c é inversamente proporcional ao quadrado da distância r , entre o Sol e o planeta.



$$F_c \propto \frac{mM}{r^2}$$

$$F_c = G \frac{m M}{r^2}$$

$G =$ constante de gravitação universal $= 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$

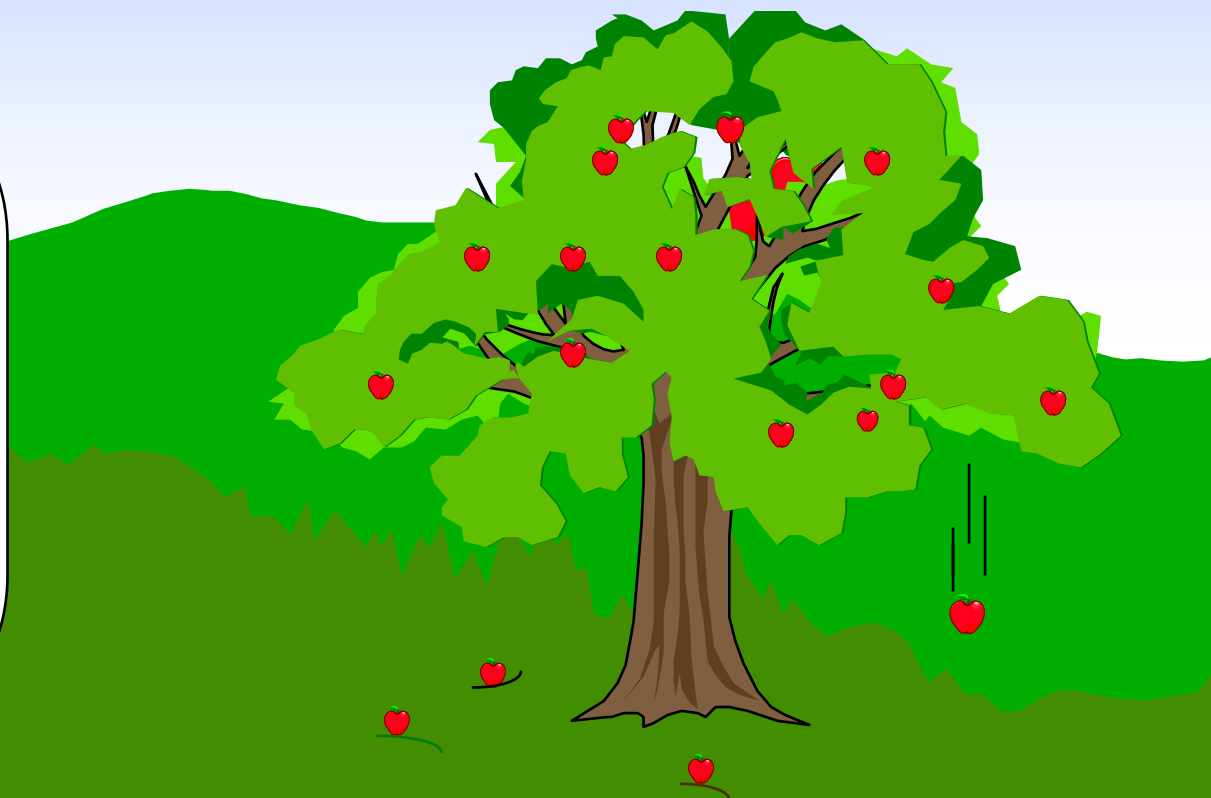
Newton percebeu que deveria existir uma força de atração da Terra sobre a Lua, do mesmo modo que o Sol atrai os planetas.



Ele também supôs que a queda de um corpo qualquer na superfície da Terra é provocada por uma força do mesmo tipo. Por extensão ele concluiu que todos os corpos materiais se atraem.

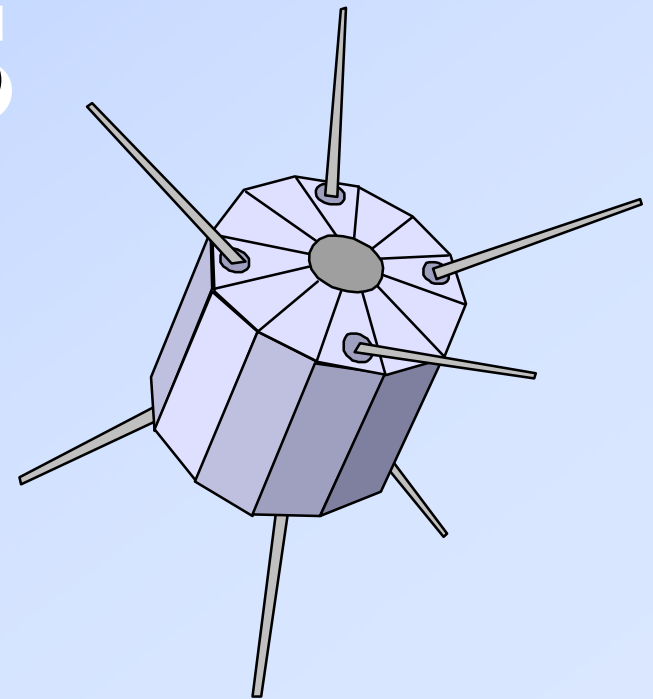


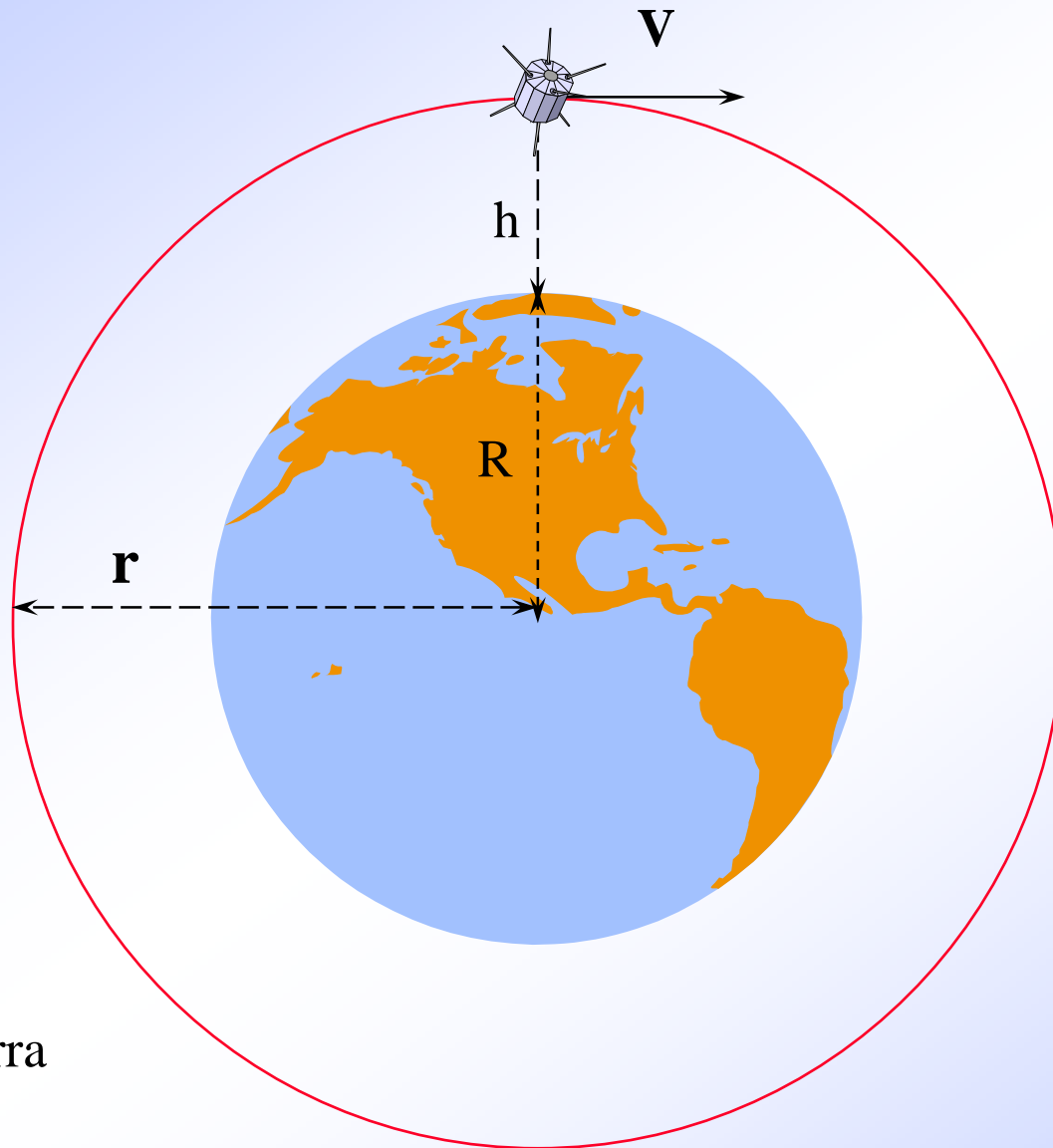
**O Sol atrai a
Terra, que
atrai a Lua.
Talvez a
maçã caia
atraída pelo
mesmo tipo
de força.**





Movimento de satélites





$$r = R + h$$

R = raio da Terra

A velocidade do satélite



A única aceleração que existe é a aceleração centrípeta (a_c), para mudar a direção do vetor velocidade.

A força centrípeta (F_c) será fornecida pela atração gravitacional exercida pela Terra sobre o satélite.



$$F_c = mv^2/r$$

$$F_g = GMm/r^2$$

$$F_c = F_g$$

$$mv^2/r = GMm/r^2$$



$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

A velocidade do satélite depende:
da massa da Terra,
da distância ao centro da Terra;
mas não depende da massa do satélite.

A Terra no Universo

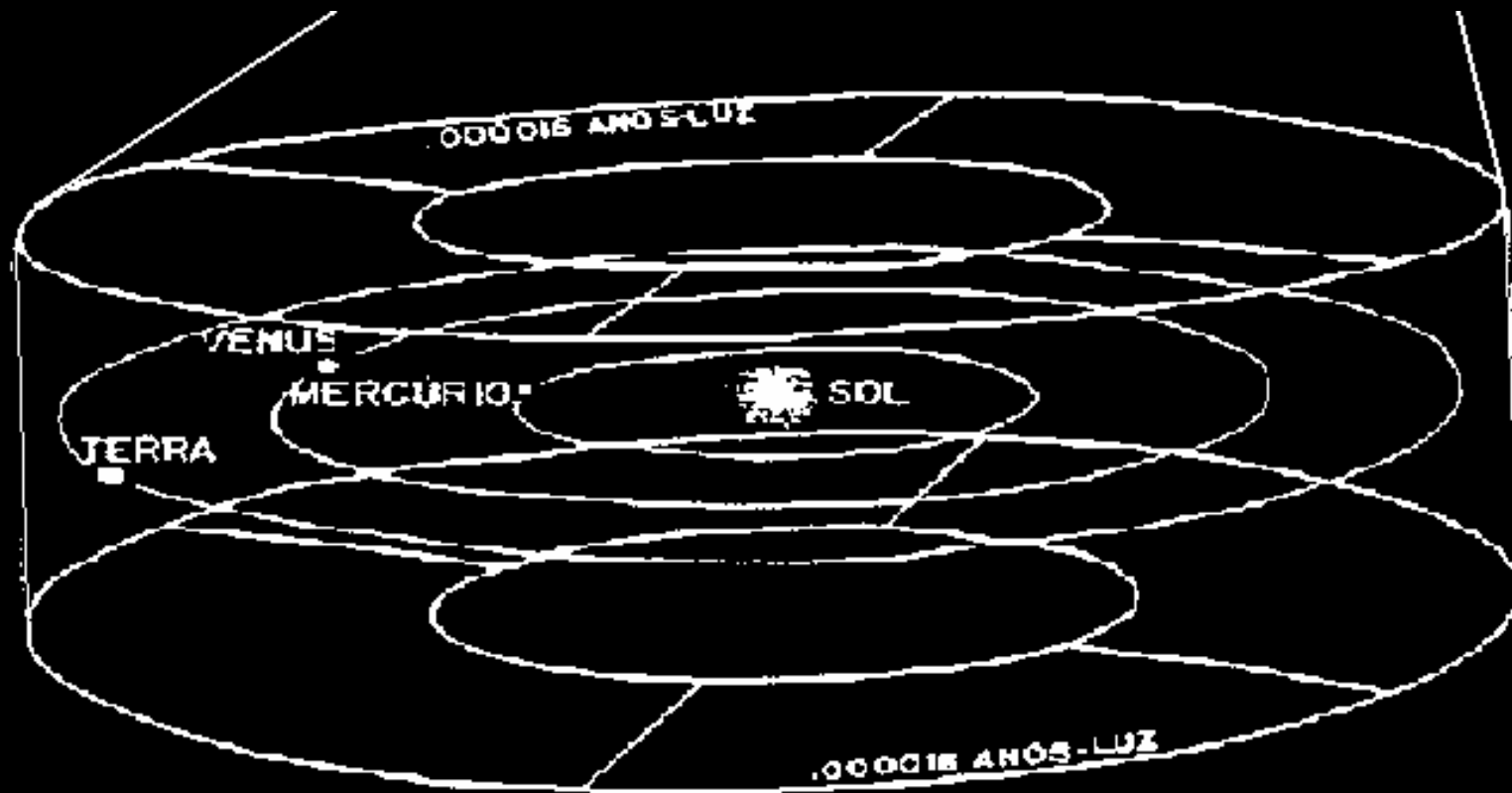


O modelo de Copérnico retirou a Terra do centro do Universo e colocou-a girando em torno do Sol.

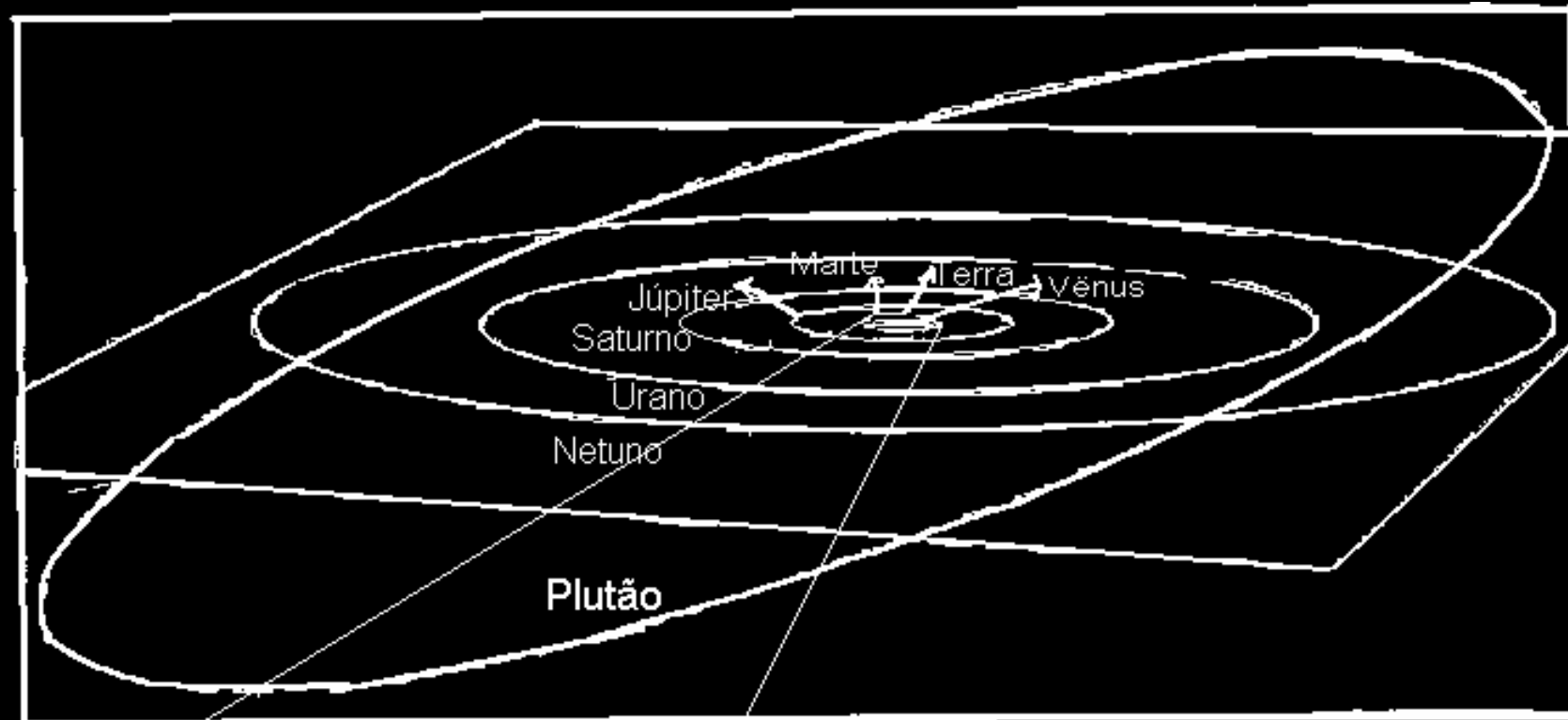
O Sol seria então o centro do universo.

A astronomia moderna descobriu que não faz sentido dizer que o Sol está no centro do Universo. O Sistema Solar é como um grão de poeira num universo de dimensões inimagináveis.

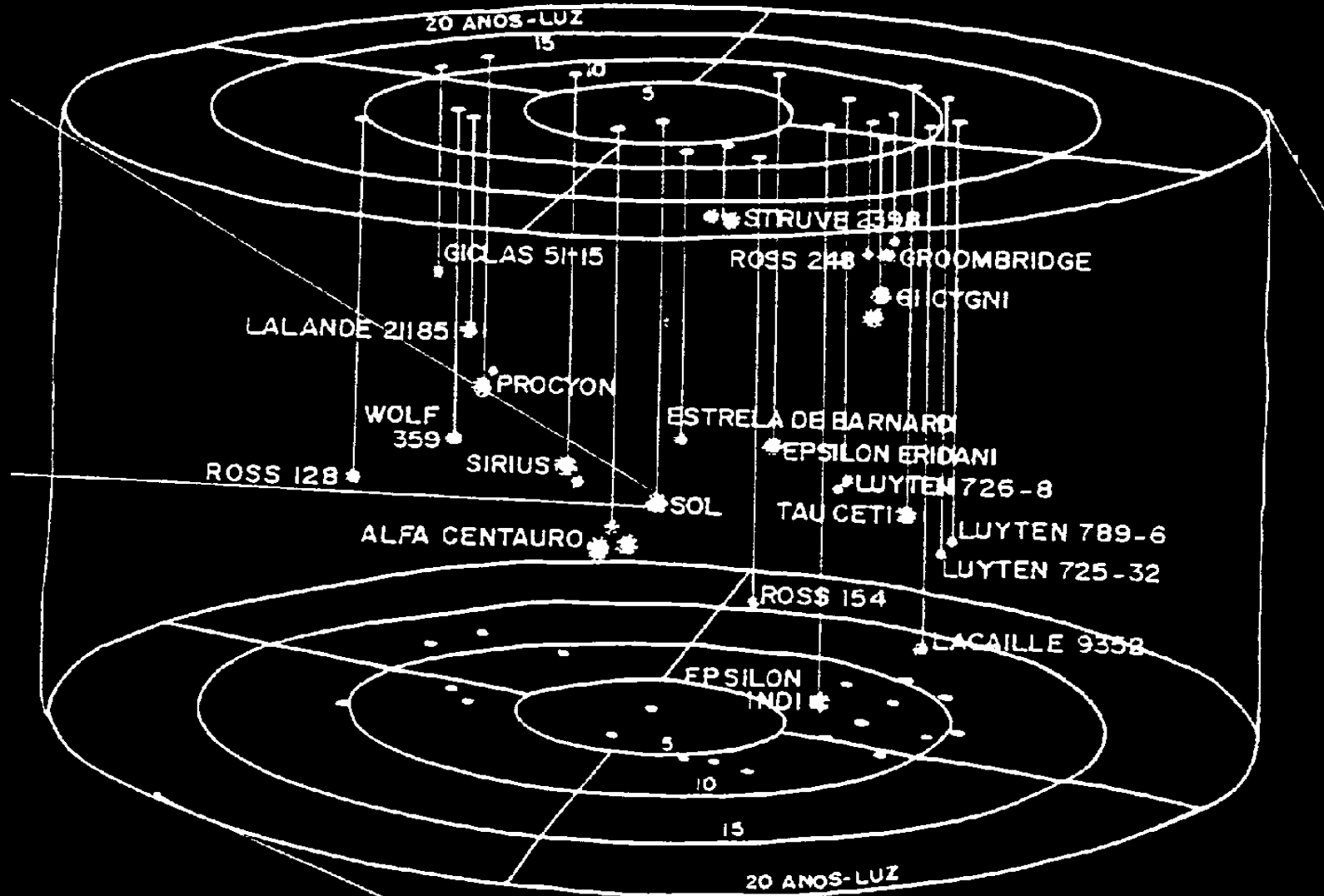
Planetas vizinhos à Terra



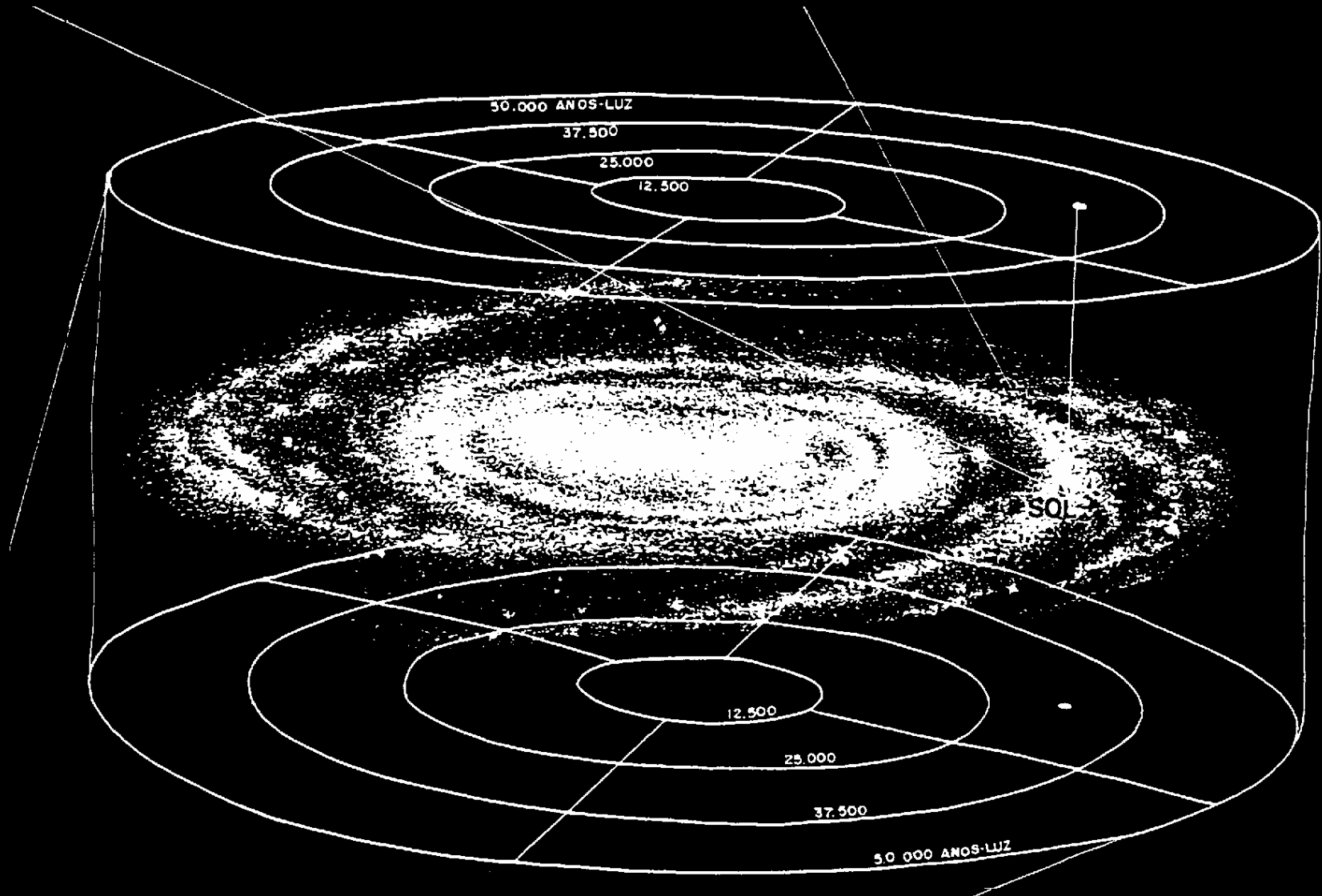
Sistema Solar



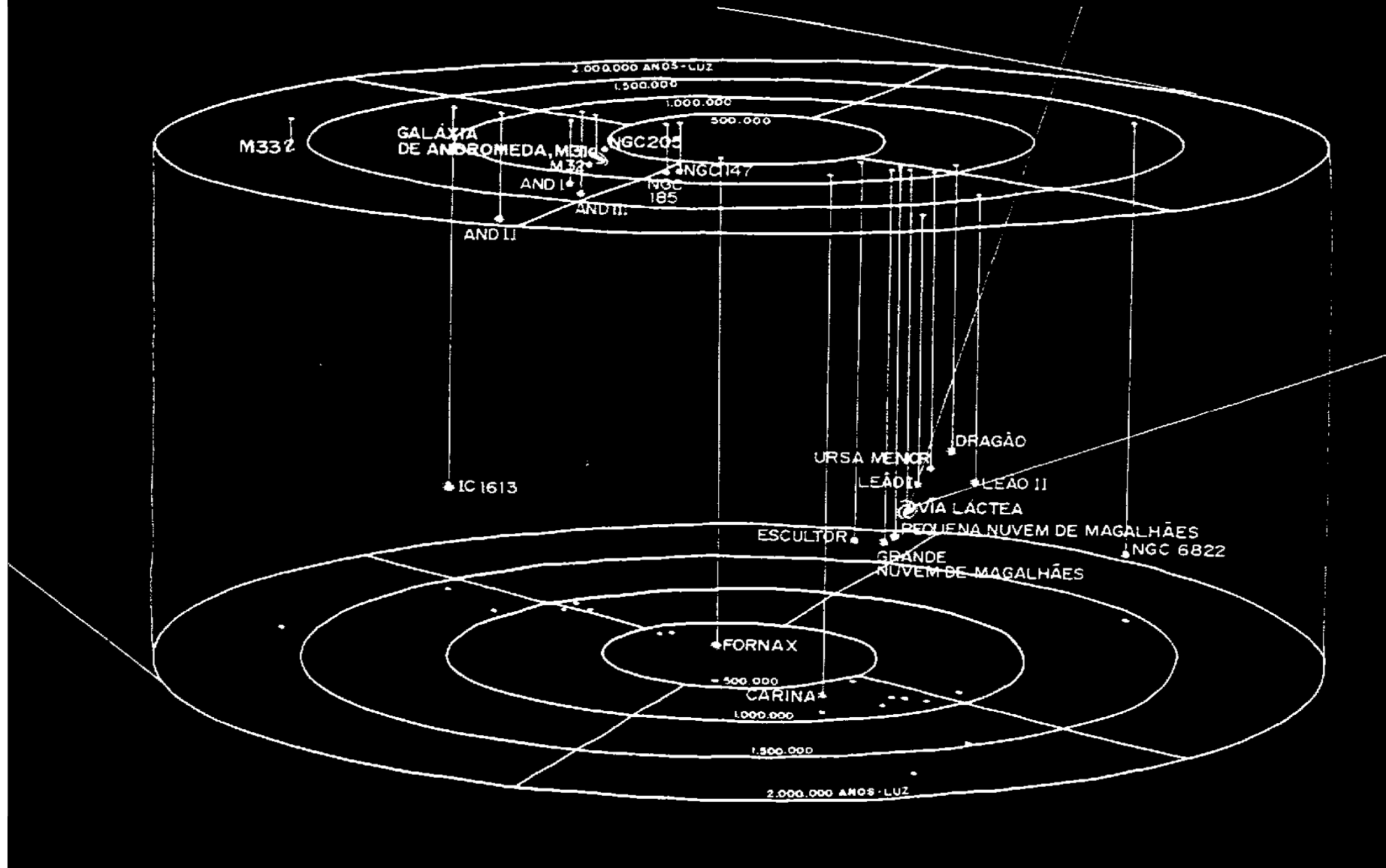
Estrelas Vizinhas ao Sol



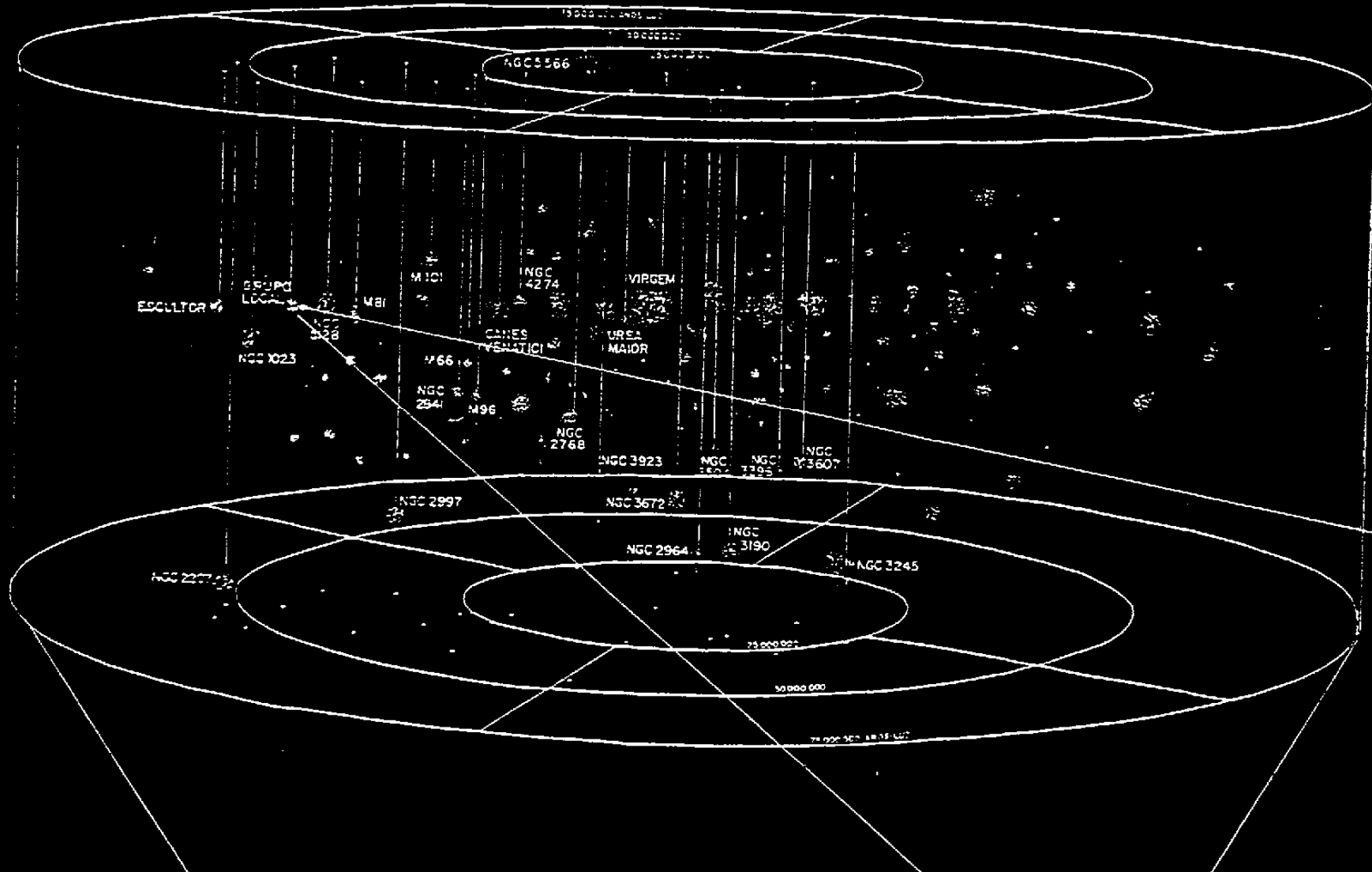
Nossa Galáxia



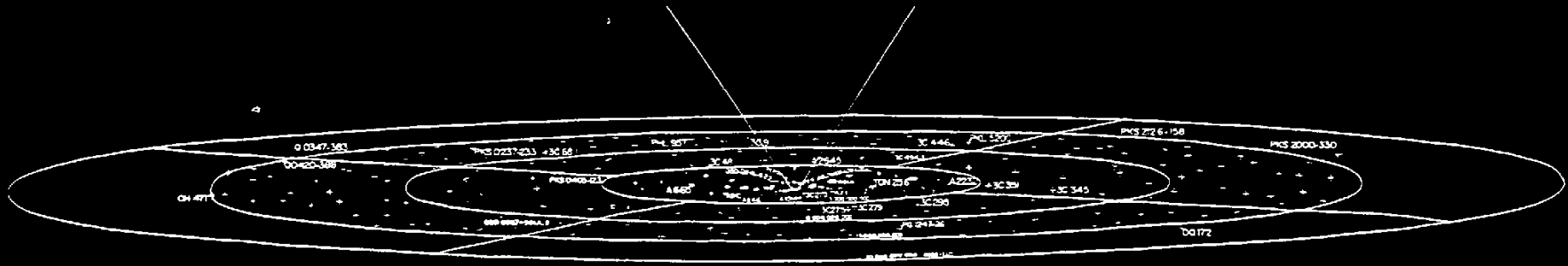
Galáxias Vizinhas - Grupo Local



Super Agglomerado Local

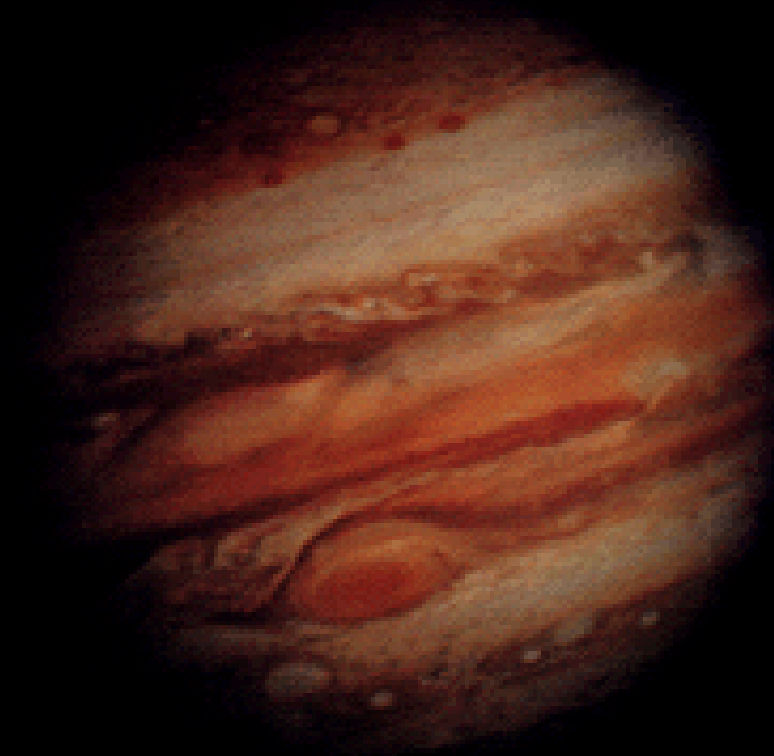


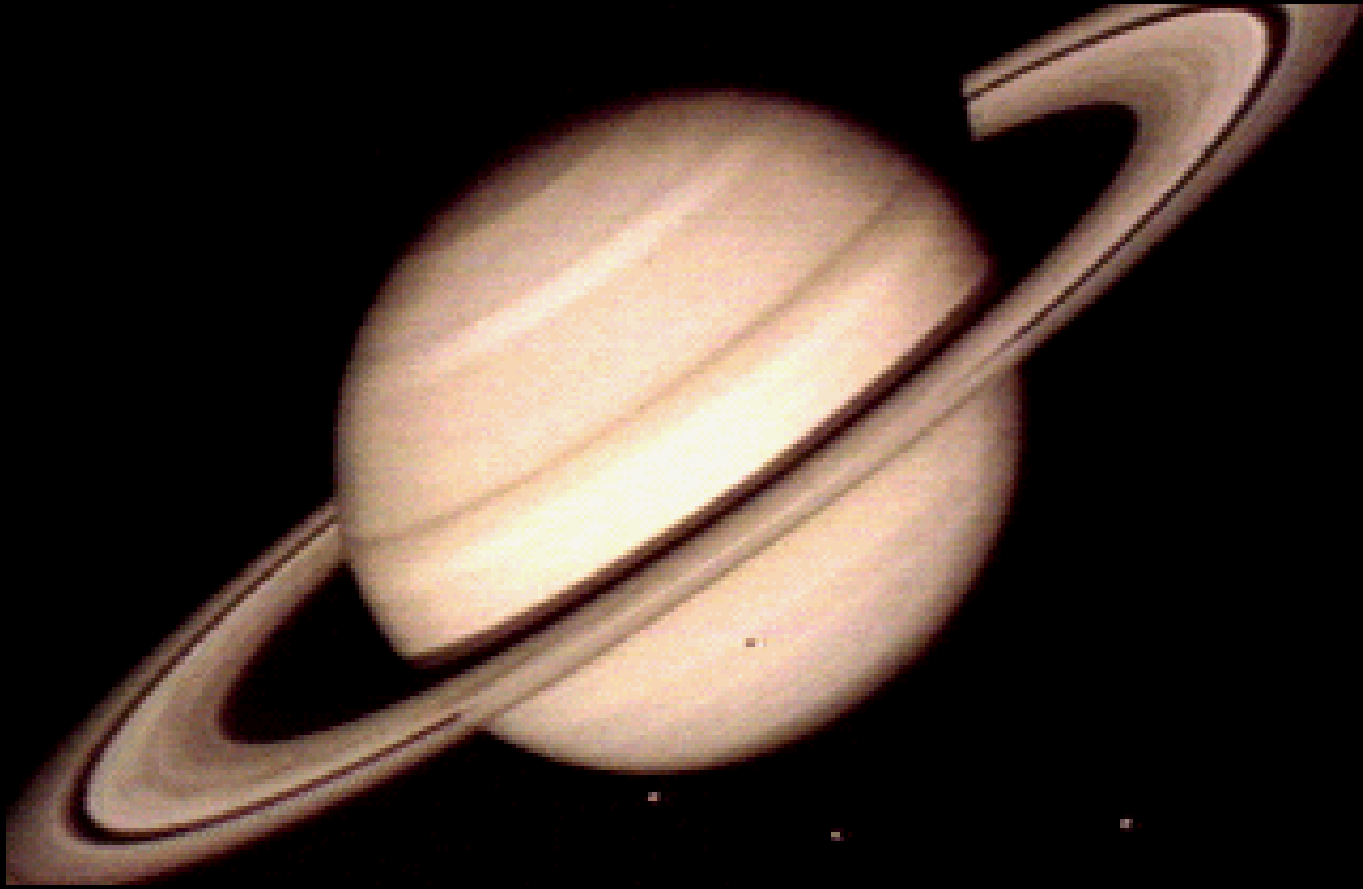
Universo Conhecido



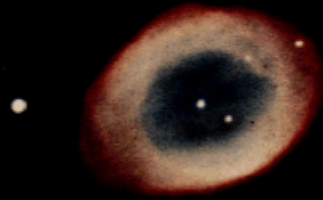
“Quando contemplo os teus céus, obra dos teus dedos, e a Lua e as estrelas que estabeleceste, penso, o que é o homem para que dele te lembres?”

Salmo 8:3 e 4











Este é o Maravilhoso Mundo da...



Física!!!