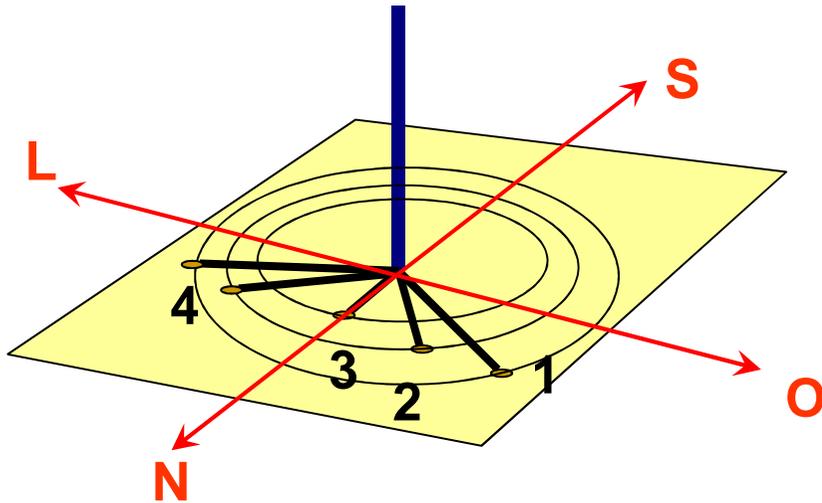
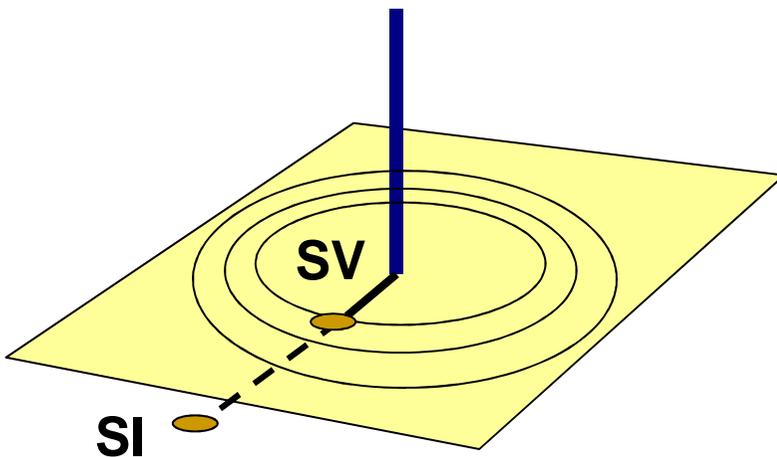


Duração do dia: é sempre igual?



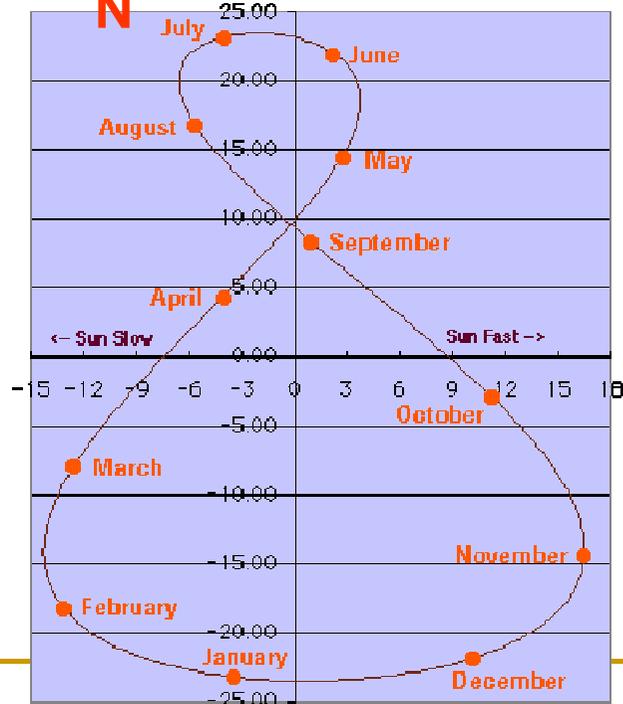
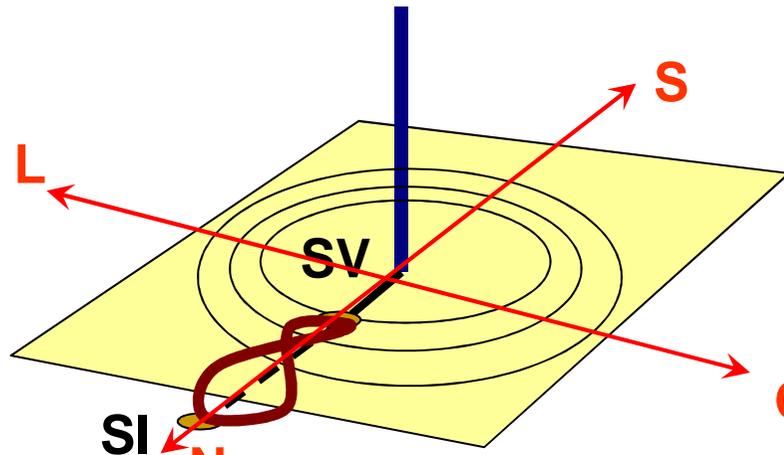
- Vimos que a menor sombra do dia ocorre ao *meio-dia solar* (posição 3) varia de comprimento ao longo do ano (linha tracejada):

- Mais longa no Solstício de Inverno (SI) e mais curta no Solstício de Verão (SV).



- A sombra mais curta fica sempre sempre ao longo na **linha norte-sul** (vermelha), por definição do meio-dia solar (sol mais alto no horizonte).

O Sol se atrasa e se adianta...

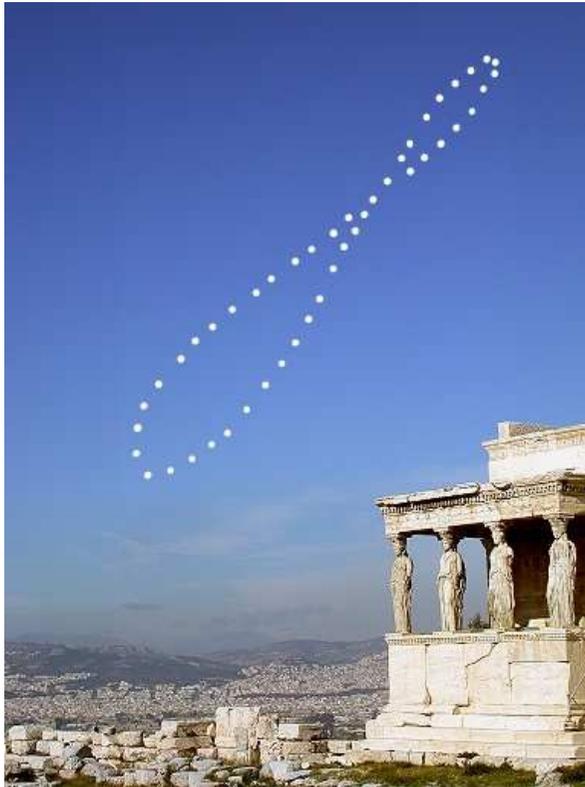


<http://solar-center.stanford.edu/analemma.html>

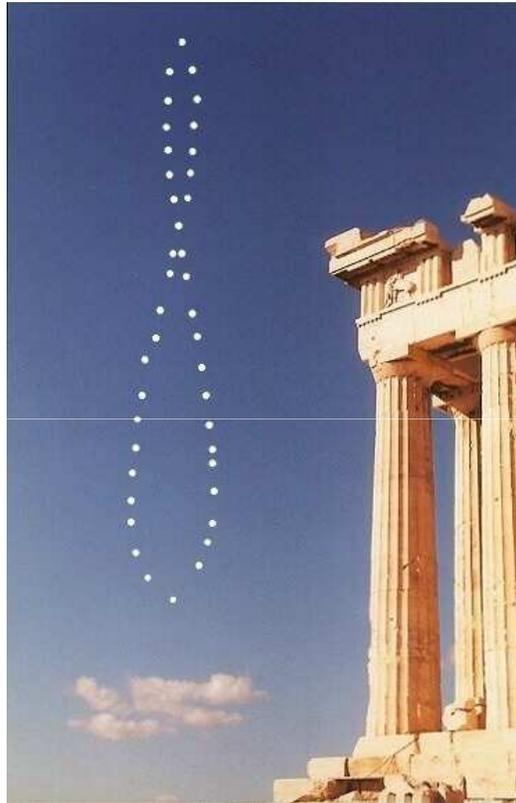
- Se você marcar a posição da sombra ao longo do ano sempre ao meio-dia no seu relógio, verá que ela não será a sombra mais curta na linha norte-sul.
- Ela formará um “8” ao longo do ano, a chamada “curva analema”.
- **Ou seja: o Sol “atrasa” ou “se adianta” em relação ao seu relógio dependendo da época do ano!**
- Por conta da inclinação da eclíptica, uma diferença assim ocorreria mesmo se o movimento do Sol em torno da Terra fosse circular e uniforme.
- Nesse caso, a analema seria um “8” simétrico, sem a assimetria da figura.

A “analema”.

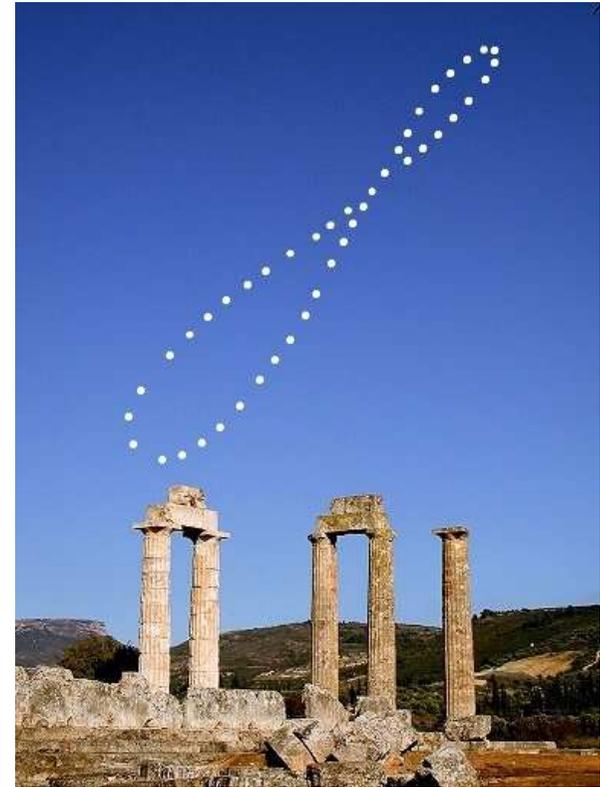
Fotos da posição do sol tiradas ao longo do ano sempre no mesmo horário.



5:00:00 UT+2 Jan 07 - Dec 20/03
Erechtheion, Athens, Greece



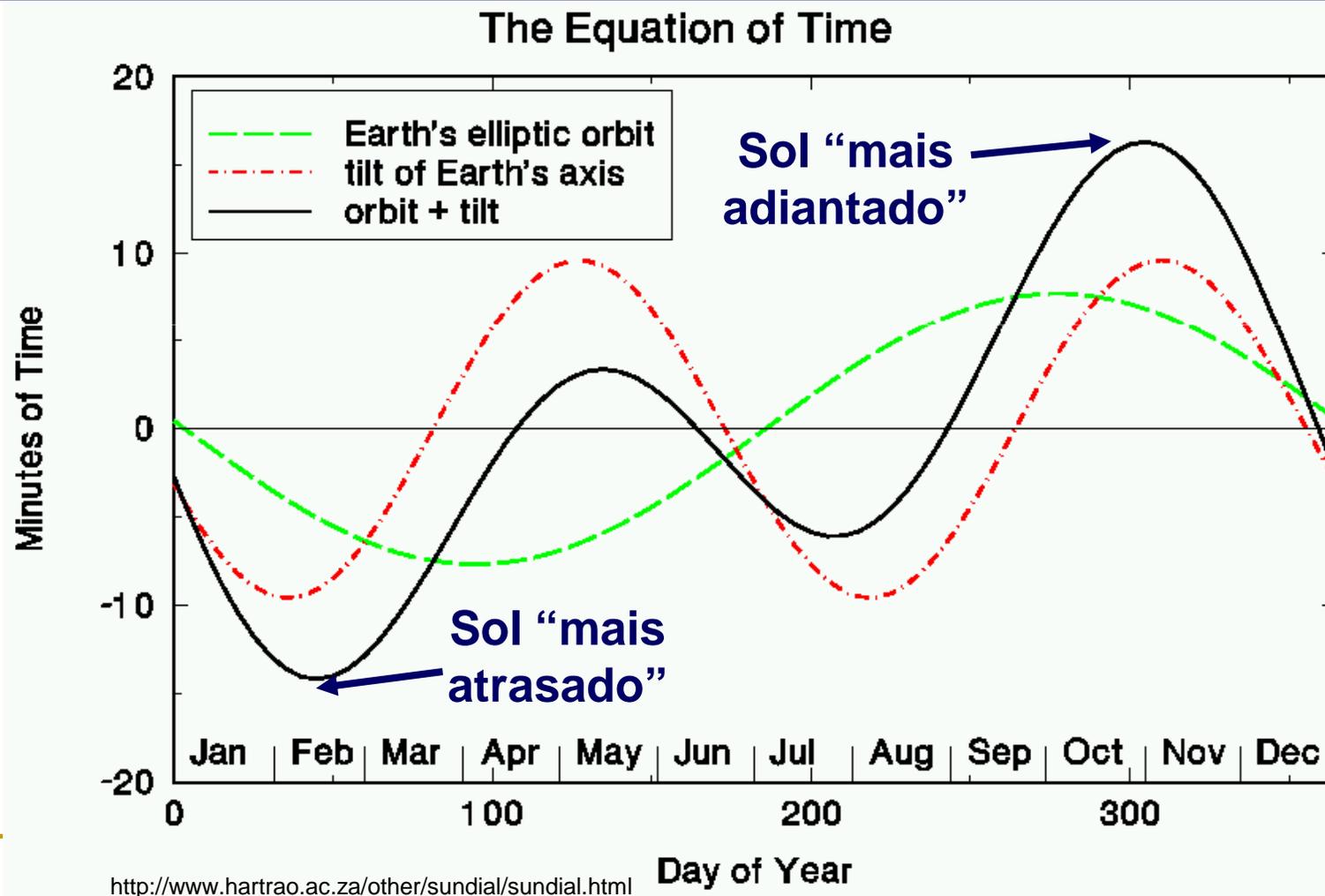
12:28:16 UT+2 Jan 12- Dec 21/02
Parthenon, Athens, Greece



16:00:00 UT+2 -Jan 07- Dec 20/03
Temple of Zeus, Ancient Nemea,
Greece

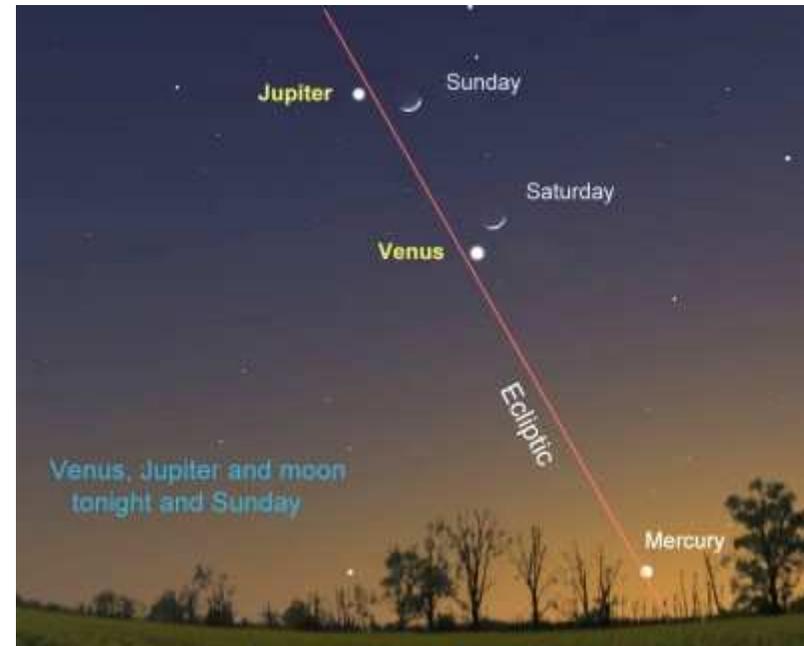
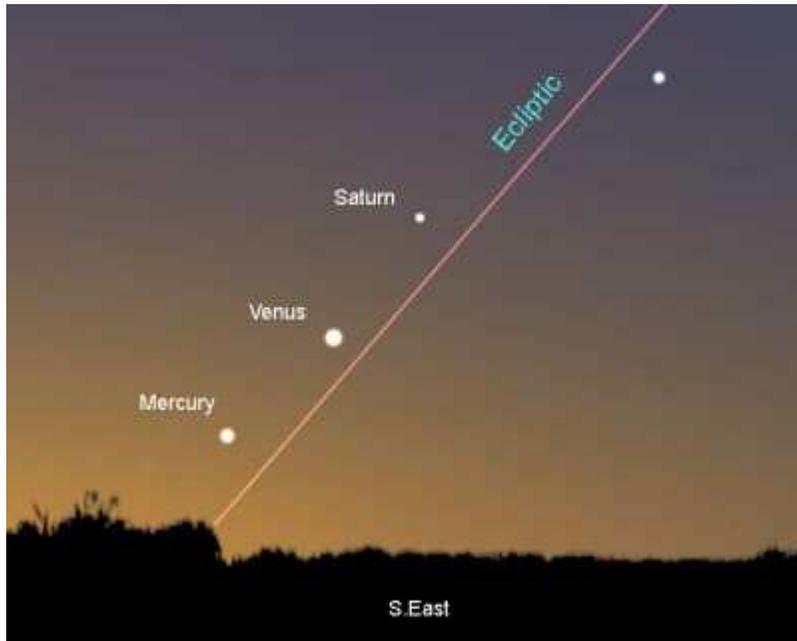
Equação dos tempos.

A diferença entre o “tempo solar verdadeiro” e o “tempo local” medido pelo seu relógio ao longo do ano é chamada *equação dos tempos*.



Planetas: “corpos errantes”

- Objetos que não são “fixos” como as estrelas (“vagueiam” pelo céu).
- Ficam sempre próximo à eclíptica.



<http://astrobob.areavoices.com/tag/ecliptic/>

Sistema Aristotélico-Ptolomaico

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum.



- Esferas concêntricas, com a Terra no centro.

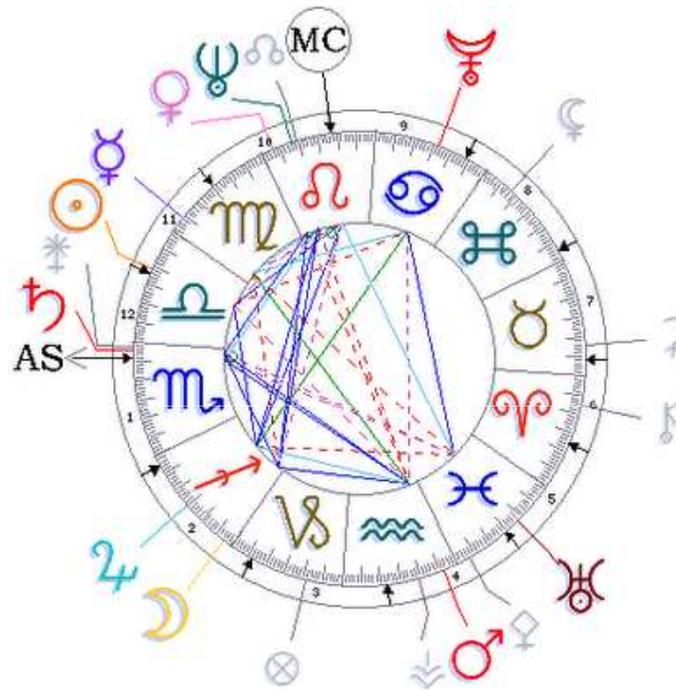
1	Lua	☾
2	Mercúrio	☿
3	Vênus	♀
4	Sol	☼
5	Marte	♂
6	Júpiter	♃
7	Saturno	♄
8-10	Constelações do Zodíaco	
	Coelum Empireum Habitaculum Dei et Omnium Electorum(*)	

<http://en.wikipedia.org/wiki/Almagest>
 Representação do Séc XVI
 "Celestial Orbs in the Latin Middle Ages",
 Isis, Vol. 78, No. 2. (Jun., 1987), pp. 152-173.

(*)O reino dos céus, morada de Deus e dos eleitos (tradução livre)

Sistema Aristotélico-Ptolomaico

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .



1	Lua	☾
2	Mercúrio	☿
3	Vênus	♀
4	Sol	☉
5	Marte	♂
6	Júpiter	♃
7	Saturno	♄
8-10	Constelações do Zodíaco	

<http://en.wikipedia.org/wiki/Almagest>

Representação do Séc XVI

"Celestial Orbs in the Latin Middle Ages",

Isis, Vol. 78, No. 2. (Jun., 1987), pp. 152-173.

- Um tempo onde “astrologia” e “astronomia” se confundiam.

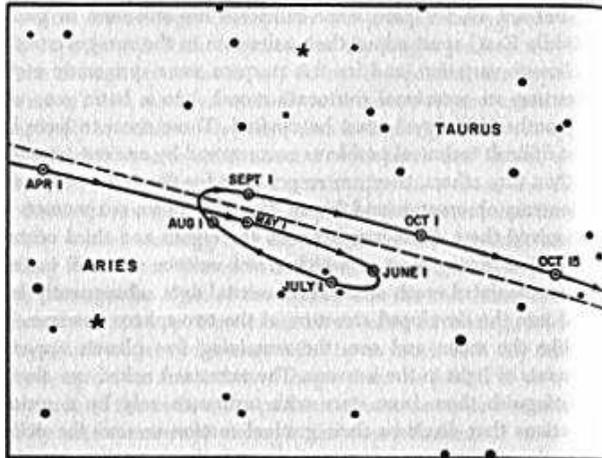
Planetas: movimento retrógrado

Animação:

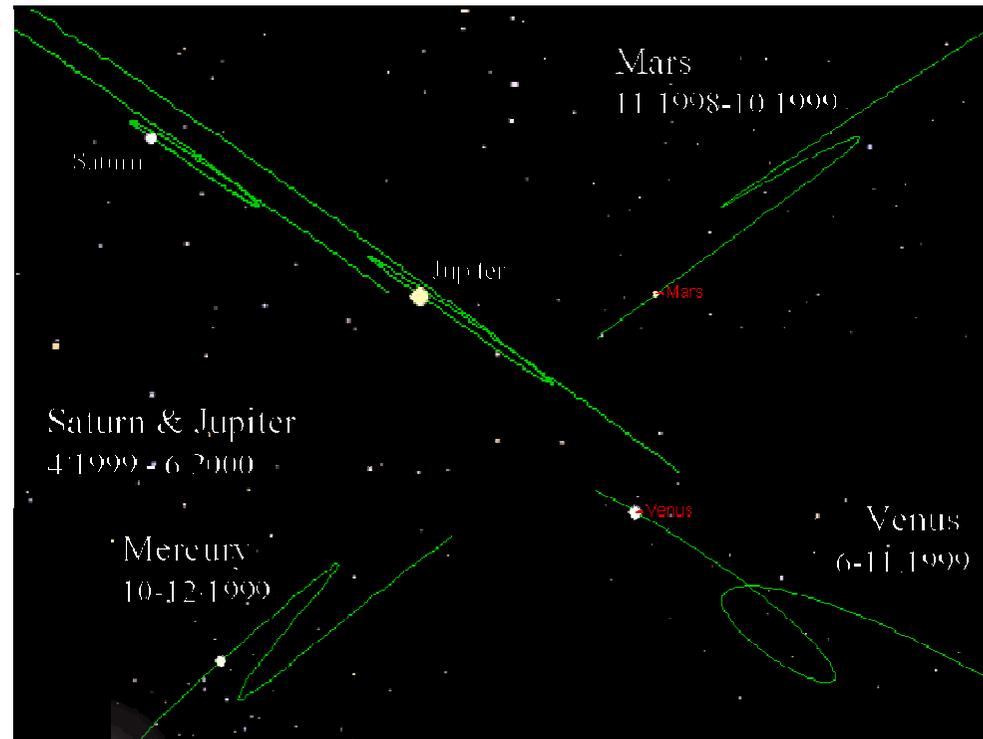
<http://www.astronomynotes.com/nakedeye/animations/retrograde-anim.htm>



<http://www.brighthub.com/science/space/articles/53958.aspx>

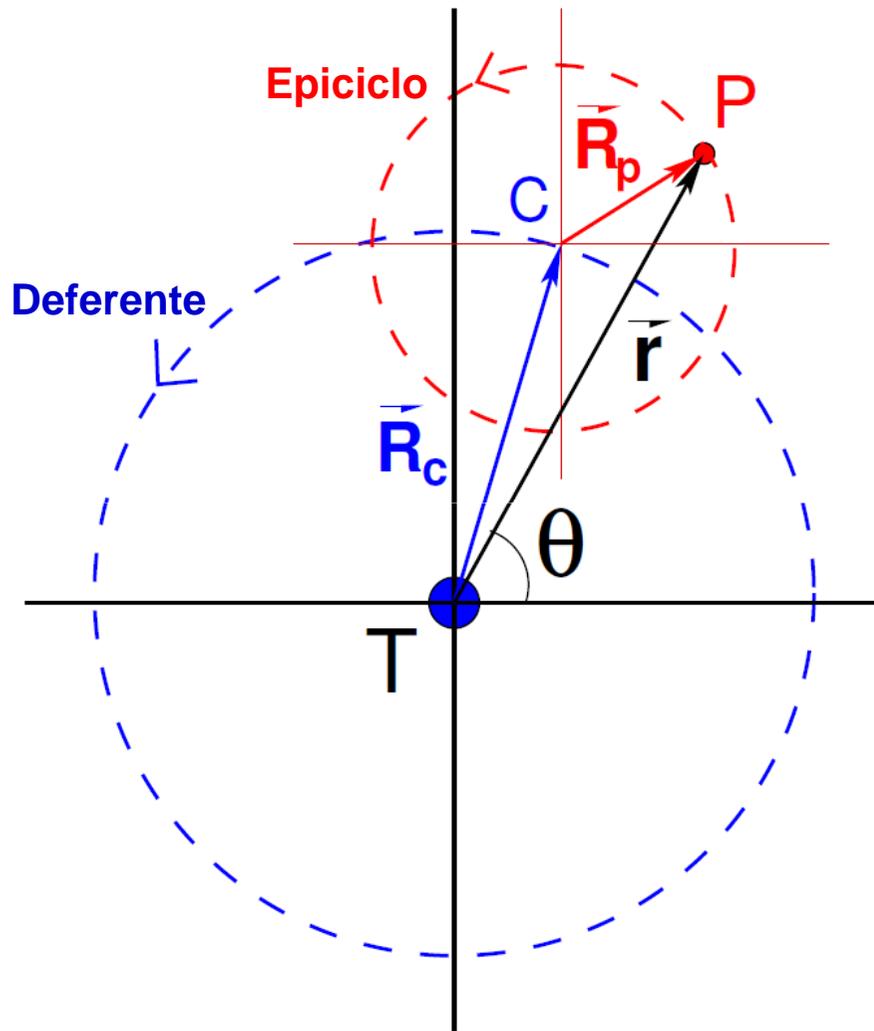


<https://www.princeton.edu/~his291/Retrograde.html>



<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~thompson/161/wanderers.html>

Laçadas: Epiciclos e Deferentes.

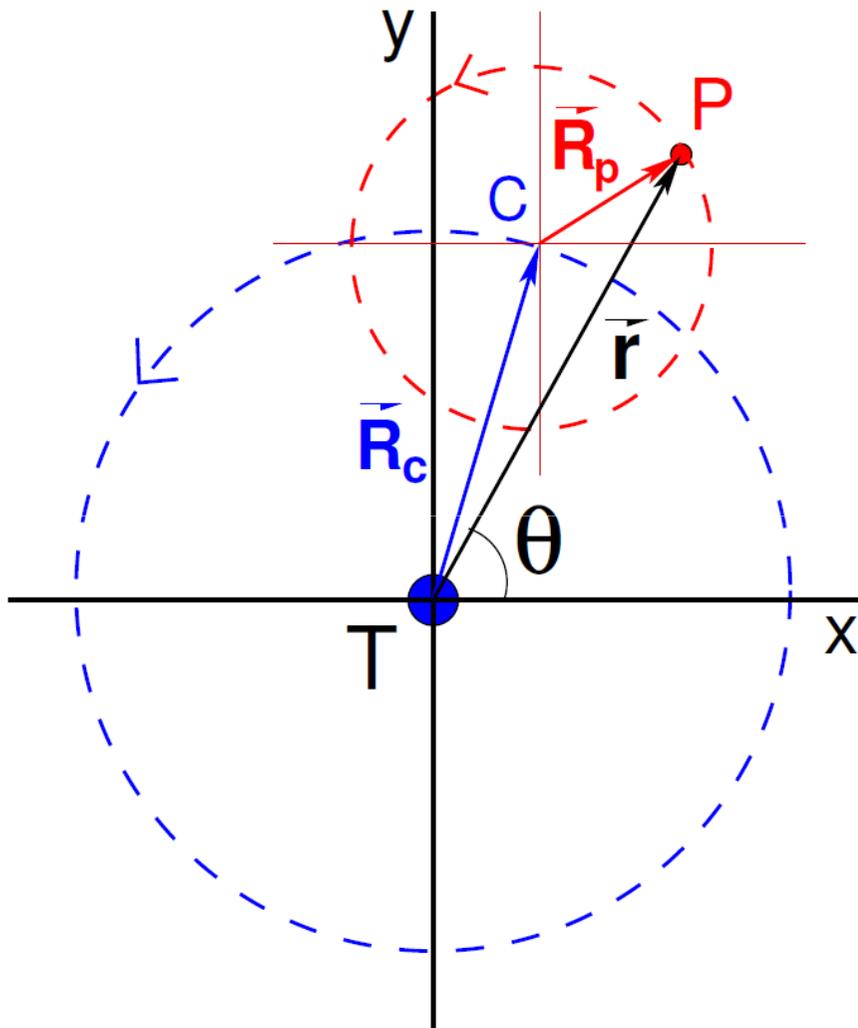


- O Planeta P percorre uma trajetória circular uniforme em torno do ponto C de raio R_p e frequência $\omega_p = 2\pi/T_p$
-Esse é o **epiciclo**.
- O ponto C percorre uma segunda trajetória circular em torno de um ponto T (a Terra ou um ponto ecêntrico) de raio R_c e frequência $\Omega_c = 2\pi/T_c$
- Esse é o **deferente**.
- A trajetória $\mathbf{r}(\mathbf{t})$ do planeta faz “laçadas” vista da Terra: o ângulo $\theta(\mathbf{t})$ pode aumentar ou diminuir com o tempo ao longo da trajetória.

- Animação:

<http://astro.unl.edu/naap/ssm/animations/ptolemaic.swf>

Laçadas: Epiciclos e Deferentes.



- Tarefas:

Seja \mathbf{R}_p o vetor que liga o planeta ao centro do seu epiciclo e \mathbf{R}_c o vetor que une o centro do epiciclo ao centro T da órbita (vide figura).

Escrevemos \mathbf{R}_p e \mathbf{R}_c na forma:

$$\begin{aligned}\vec{R}_c &= R_c \cos(\Omega_c t) \mathbf{i} + R_c \sin(\Omega_c t) \mathbf{j} \\ \vec{R}_p &= R_p \cos(\omega_p t) \mathbf{i} + R_p \sin(\omega_p t) \mathbf{j}\end{aligned}$$

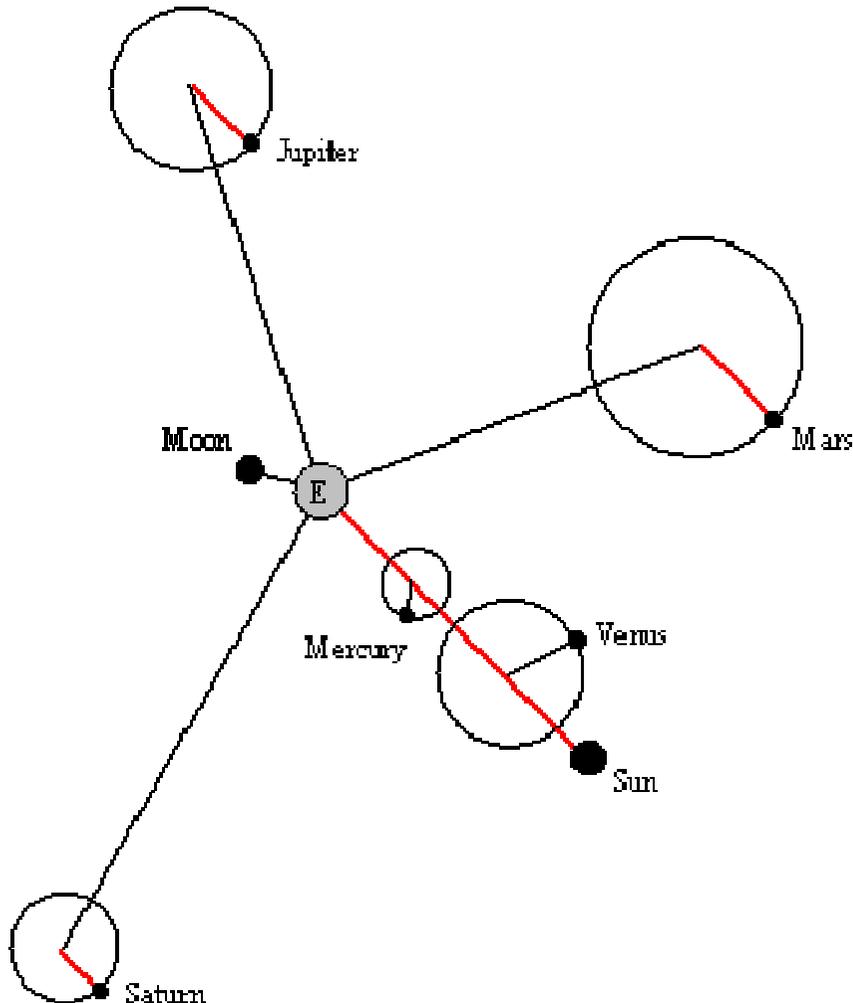
onde \mathbf{i} e \mathbf{j} os vetores unitários nas direções x e y.

1) Calcule as coordenadas (x,y) do planeta em t=0.

2) Calcule as componentes da posição do planeta $\mathbf{r}(t)=x(t) \mathbf{i}+ y(t) \mathbf{j}$ para qualquer t.

(Lista) Calcule o ângulo $\theta(t)$ (qualquer t).

Modelo de Ptolomeu para os planetas.



- Sol e Lua não tem epiciclos (apenas deferentes).

- A ordem obedece à de Aristóteles: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno.

- **Planetas internos** (Mercúrio e Vênus): o raio do deferente é alinhado com o raio do deferente do Sol.

- **Planetas externos** (Marte, Júpiter e Saturno): o raio do epiciclo é alinhado com o raio do deferente do Sol.

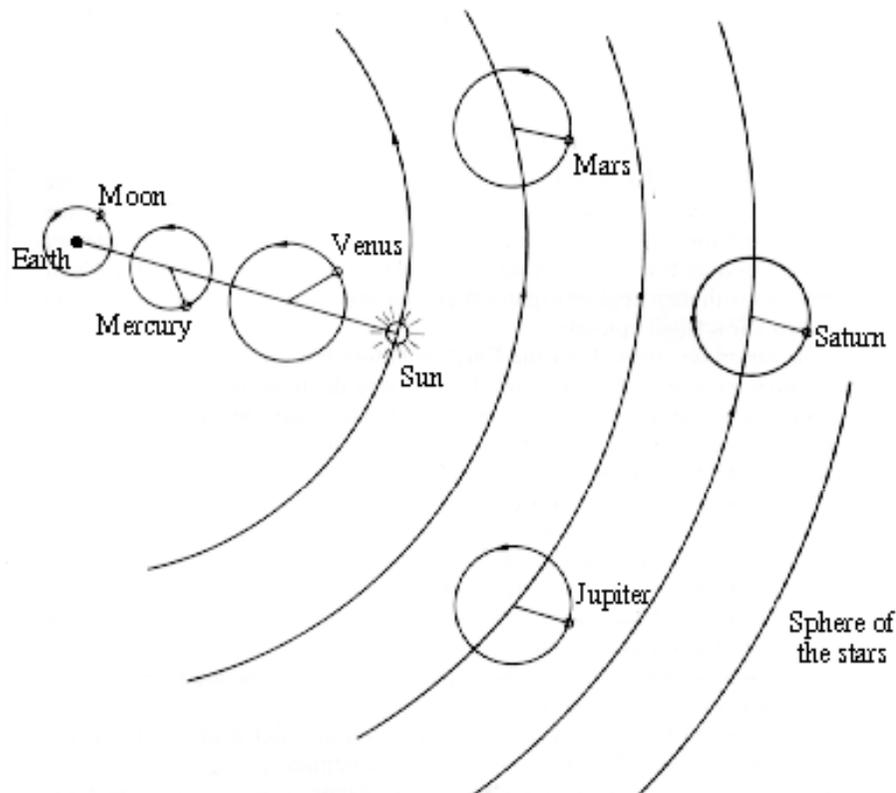
- Animação:

<http://astro.unl.edu/naap/ssm/animations/ptolemaic.swf>

<http://www.mathpages.com/home/kmath639/kmath639.htm>

<http://www.hartrao.ac.za/other/sundial/sundial.html>

Modelo de Ptolomeu para os planetas.



<http://abyss.uoregon.edu/~js/glossary/ptolemy.html>

- Ptolomeu também assume que os períodos dos deferentes de Mercúrio, Vênus e Sol ($\sim 365 \frac{1}{4}$ dias) são iguais aos períodos dos epiciclos de *Marte Júpiter e Saturno*.

- **Ou seja:** ordenando os planetas de 1=Mercúrio, 2=Vênus, etc. temos:

$$\Omega_1 = \Omega_2 = \omega_3 = \omega_4 = \omega_5 = 2\pi/T_S$$

onde $T_S=1$ ano solar.

-Essa diferença entre planetas internos e externos será uma das motivações de Copérnico para propor seu modelo.