

# Astronomia no dia a dia: síntese - aula 2

- **Constelações astronômicas**

- concebidas para marcar a passagem das estações do ano 'solar' por diferentes sociedades (calendários)
- mera projeção de direção de estrelas/Via-Láctea na Esfera Celeste
- **88 constelações (IAU):** 48 clássicas e 40 modernas <—> mapeamento completo do céu

- **Coordenadas celestes**

- direção dos astros na Esfera Celeste <—> Astronomia Fundamental (sistemas de coordenadas) <—> observação com instrumentos em solo, satélites e sondas espaciais
- mudança de direção dos astros <—> Mecânica Celeste & Dinâmica: planetas, satélites, asteróides, cometas, estrelas, grupos/aglom. de estrelas, galáxias, etc.
- **Coordenadas Horizontais Locais e Coordenadas Equatoriais**

- **Sistema Terra-Lua + ilumin(ação) do Sol**

- **fases da Lua <—> translação da Lua (lunação)**
- face oculta da Lua <—> sincronia entre rotação e translação da Lua
- **eclipses da Lua <—> translação da Lua sob uma órbita inclinada + precessão orbital**
- **eclipses do Sol <—> idem + coincidência entre os tamanhos aparentes da Lua e Sol**
- **marés dos oceanos:** força gravitacional diferencial sobre um corpo em rotação
- *Gravitação + formação/evolução explicam a dinâmica atual do sistema*



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

# ASTRONOMIA NO DIA A DIA

**XXI Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica  
CIAA 2021 ON-LINE**



***Dr. André Milone***

Divisão de Astrofísica (DIAST)

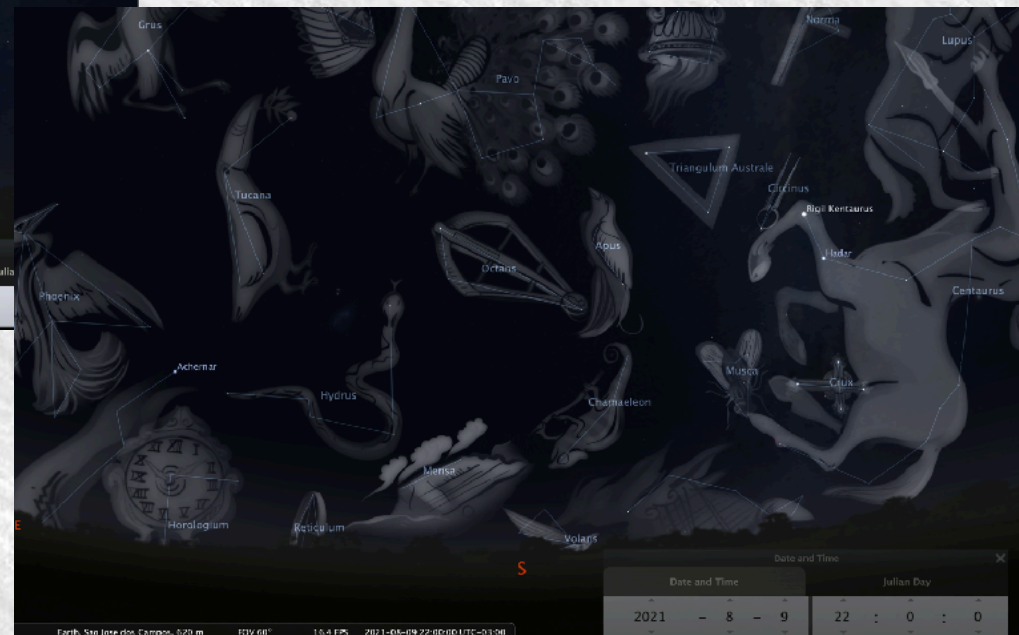
[andre.milone@inpe.br](mailto:andre.milone@inpe.br)

André Milone (Jeri, 87)

# Astronomia no dia a dia: tarefas da aula anterior (exceto B)...

## A. observar o HORIZONTE SUL desde o início e AO LONGO DA NOITE

- acompanhar a posição do Cruzeiro do Sul a cada 1 hora



# Astronomia no dia a dia: tarefas

## A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- acompanhar a posição de Vênus e estrelas Spica, Arcturus e Antares a cada 1 hora



# Astronomia no dia a dia: tarefas

## A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- posição de Vênus e estrelas Spica (Virgem), Arcturus (Bueiro) e Antares (Escorpião)



# Astronomia no dia a dia: tarefas

## A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- posição de Vênus e estrelas Spica (Virgem), Arcturus (Bueiro) e Antares (Escorpião)



# Astronomia no dia a dia: tarefas

## A. observar o HORIZONTE OESTE desde o início e AO LONGO DA NOITE

- posição de Vênus e estrelas Spica (Virgem), Arcturus (Bueiro) e Antares (Escorpião)



# **Astronomia no dia a dia - AULA 2**

**Forma e movimentos da Terra**

**Metro e Segundo de Tempo têm origem astronômica**

**Dias e noites**

**Estações do ano**

**Calendário Solar**

**Constelações astronômicas**

**Coordenadas celestes**

**Fases da Lua**

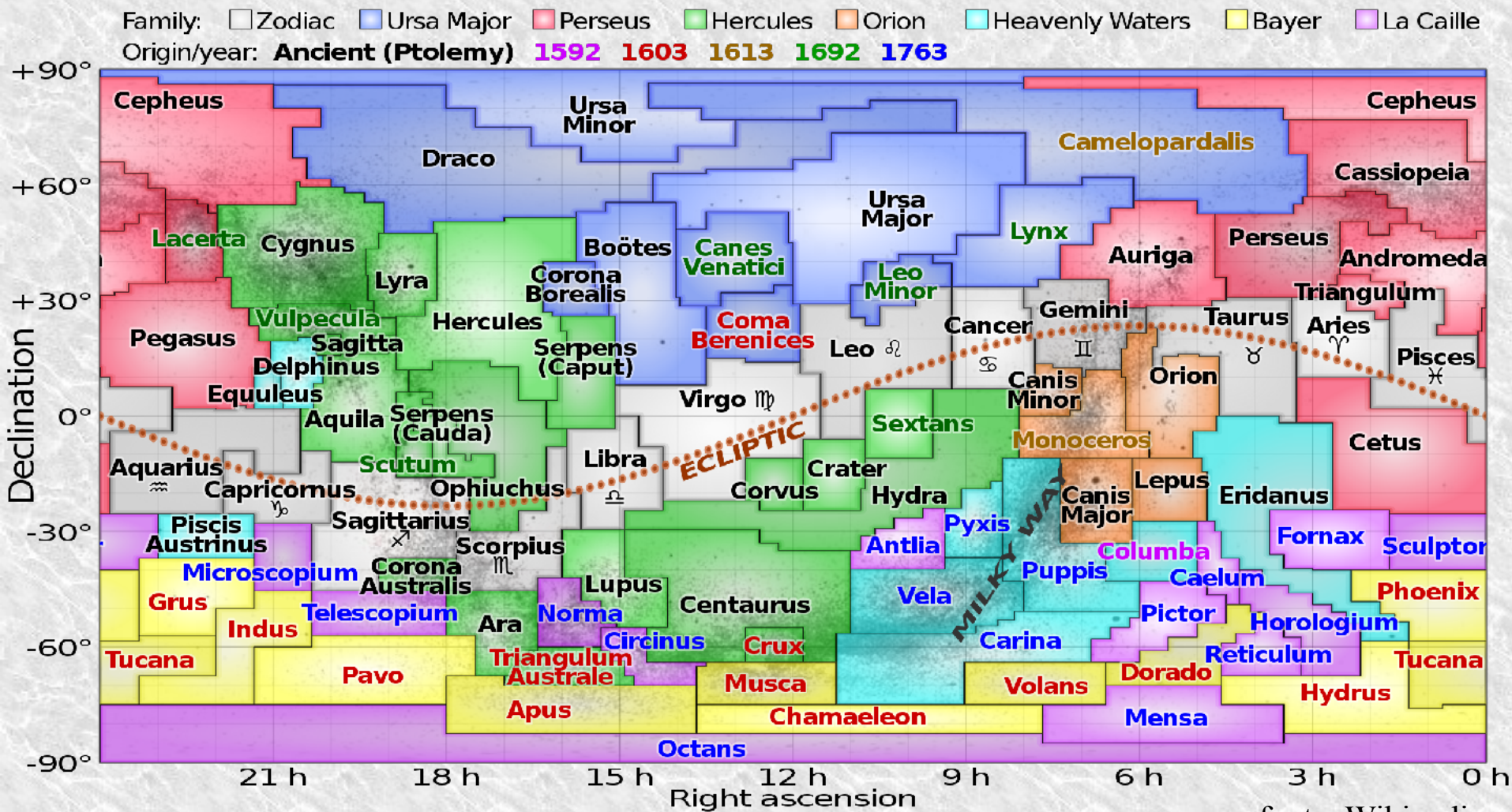
**Eclipses do Sol e da Lua**

**Marés dos oceanos**



# Constelações astronômicas: famílias e origens cronológicas

## 48 clássicas (Ptolomeu, 173 d.C.) e 40 modernas (1592-1763)



# Constelações astronômicas



## CIAA 2021

Constelações preferidas  
por vocês...

Orion, 37%

*Não tenho ideia*, 18%

Cruzeiro do Sul, 14%

Escorpião, 9%

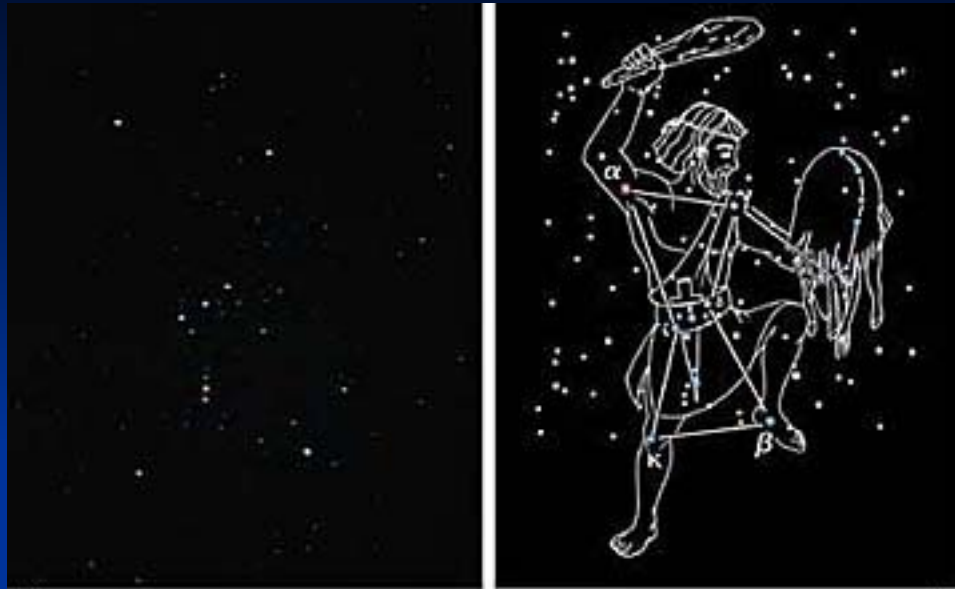
Andrômeda, 3%

Sagitário, 3%

Cão Maior, 2%

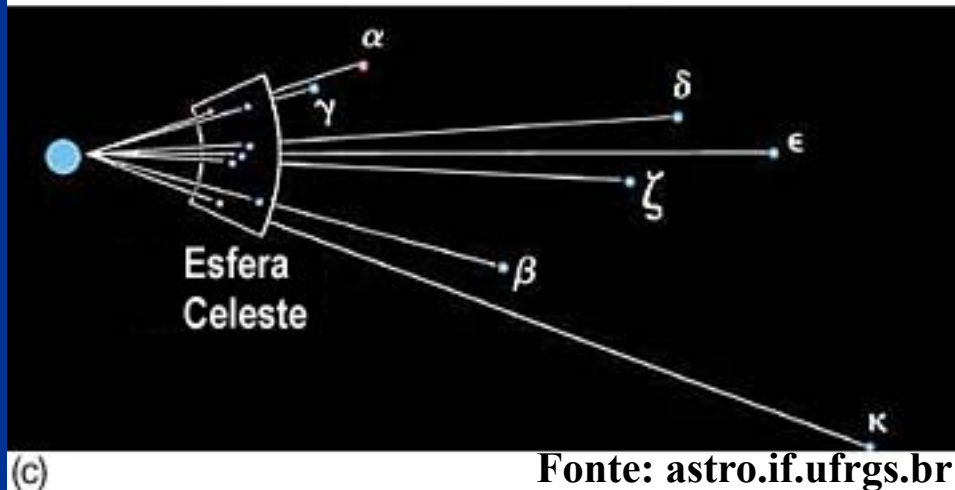
Outras doze, 1,1% cada  
(destaco 'Ema')

# Constelação de Orion: projeção no céu e visão 3-D



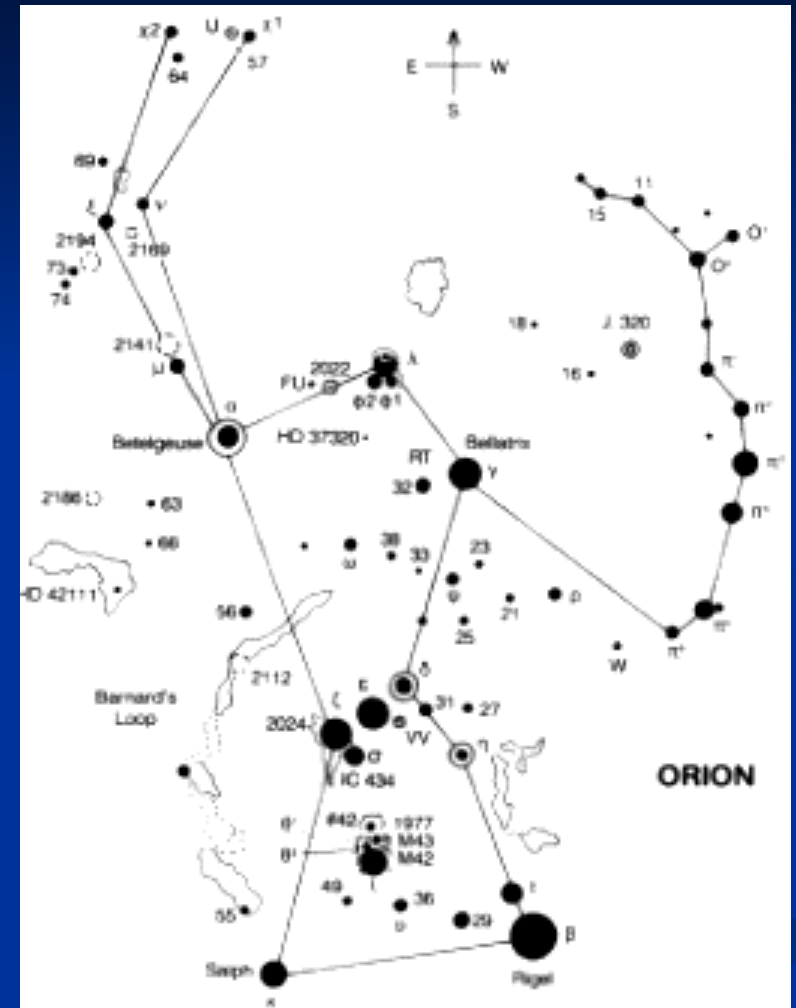
(a)

(b)



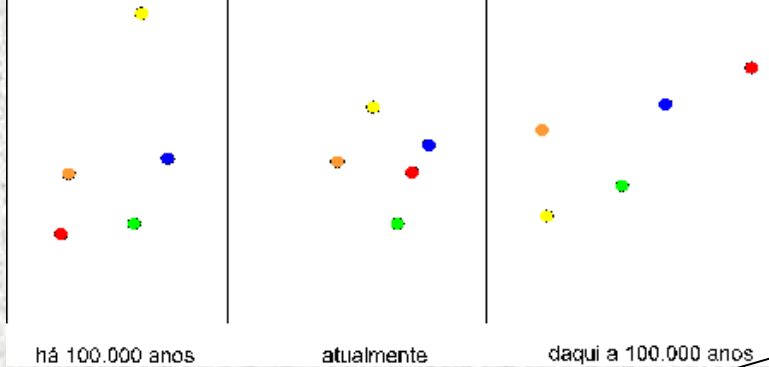
(c)

Fonte: astro.if.ufrgs.br



# As constelações são projeções na Esfera Celeste ilustram figuras aparentes no plano da Esfera Celeste e são “mutáveis”: *constelação do Cruzeiro do Sul*

S. M. de Freitas (*in memoriam*, Fund. Plan. RJ)



Terra

Gacrux ou Rubídea: 88 anos-luz

$\delta$  Crux: 364 anos-luz

Mimosa: 353 anos-luz

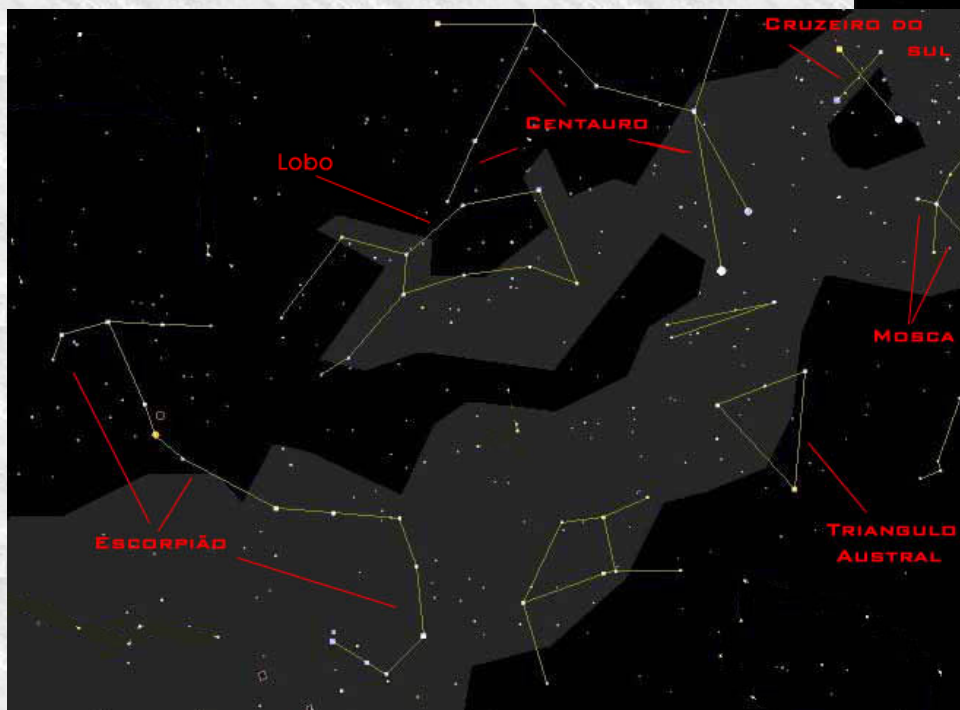
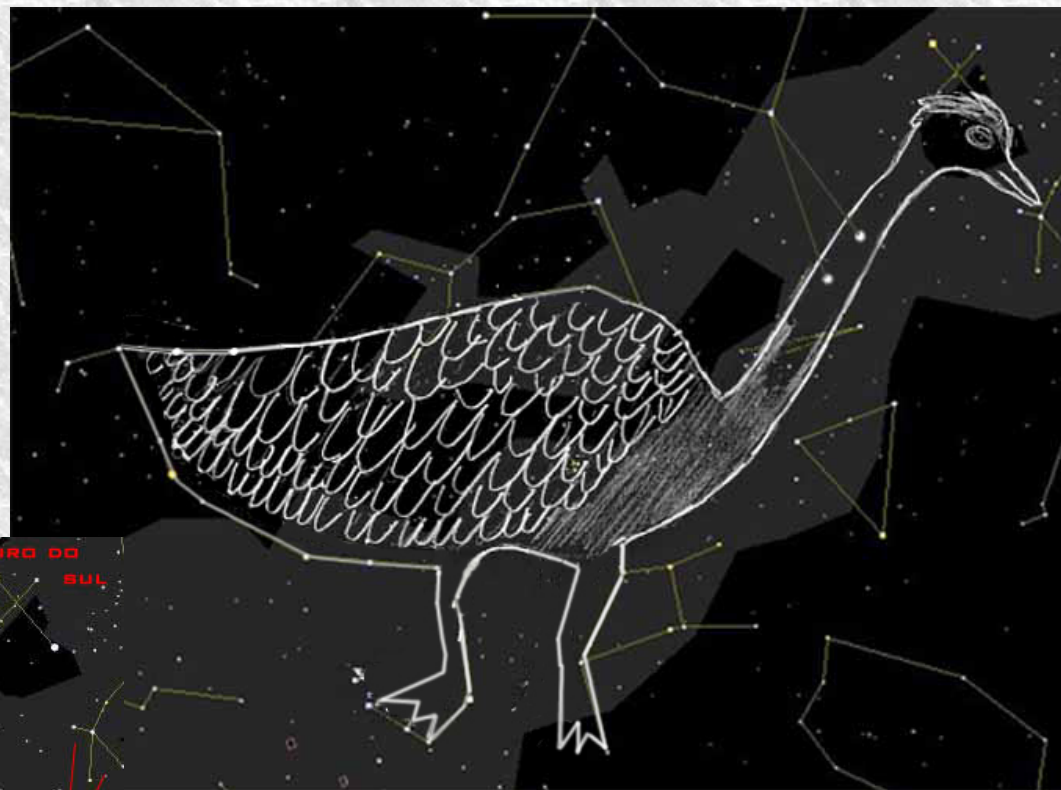
Intrometida: 228 anos-luz

Acrux: 321 anos-luz

1 ano-luz  $\approx$  9,5 trilhões de km!

# Além das constelações ocidentais: a constelação tupi-guarani da Ema

*vista à leste no começo da noite  
em meados de junho, marcando  
o início do inverno  
no Centro-Sul do Brasil  
e o início da estação seca  
("verão") no Norte do Brasil*

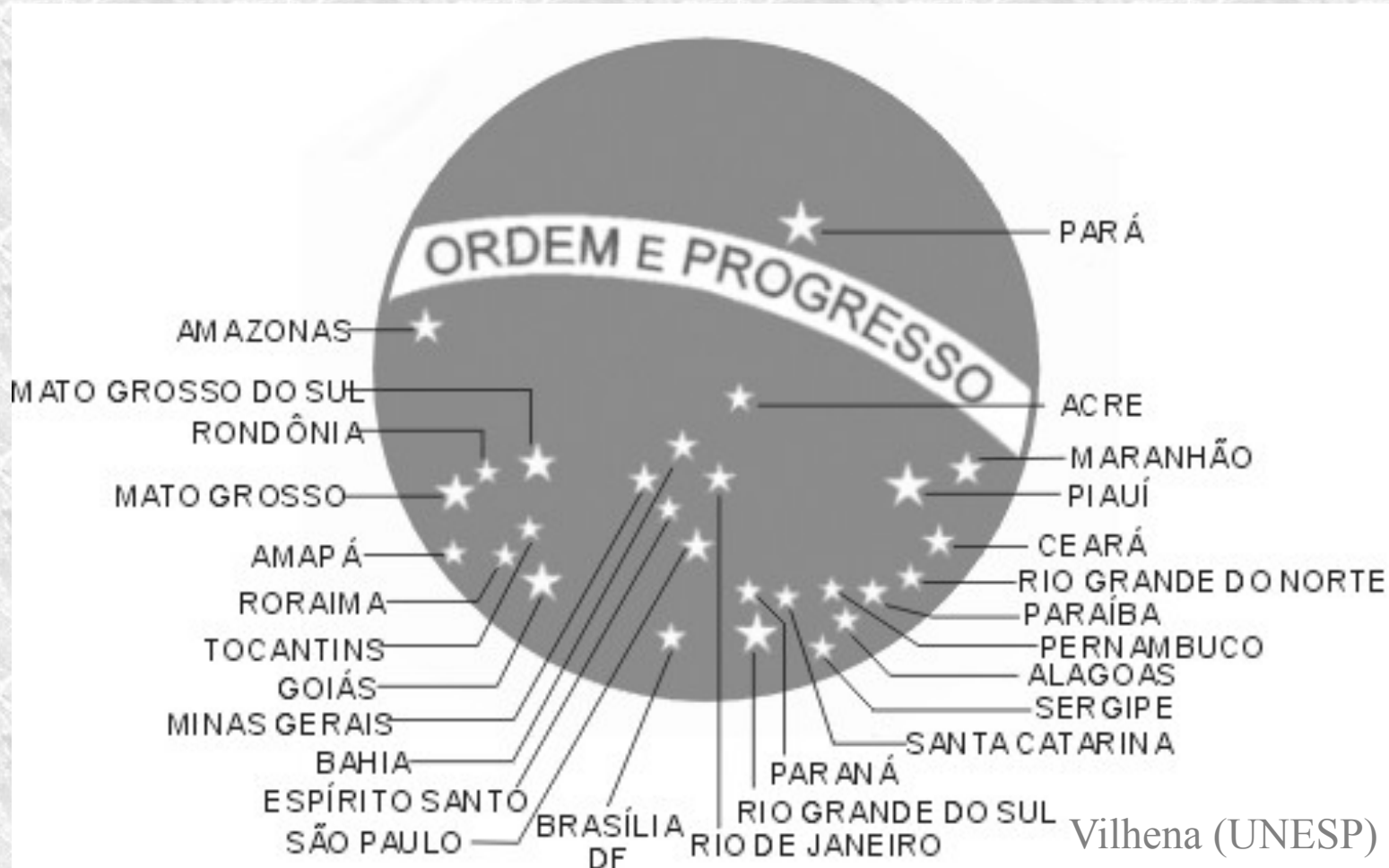


**Fonte:  
Prof. Germano Afonso (UFPR)**

# Bandeira Nacional:

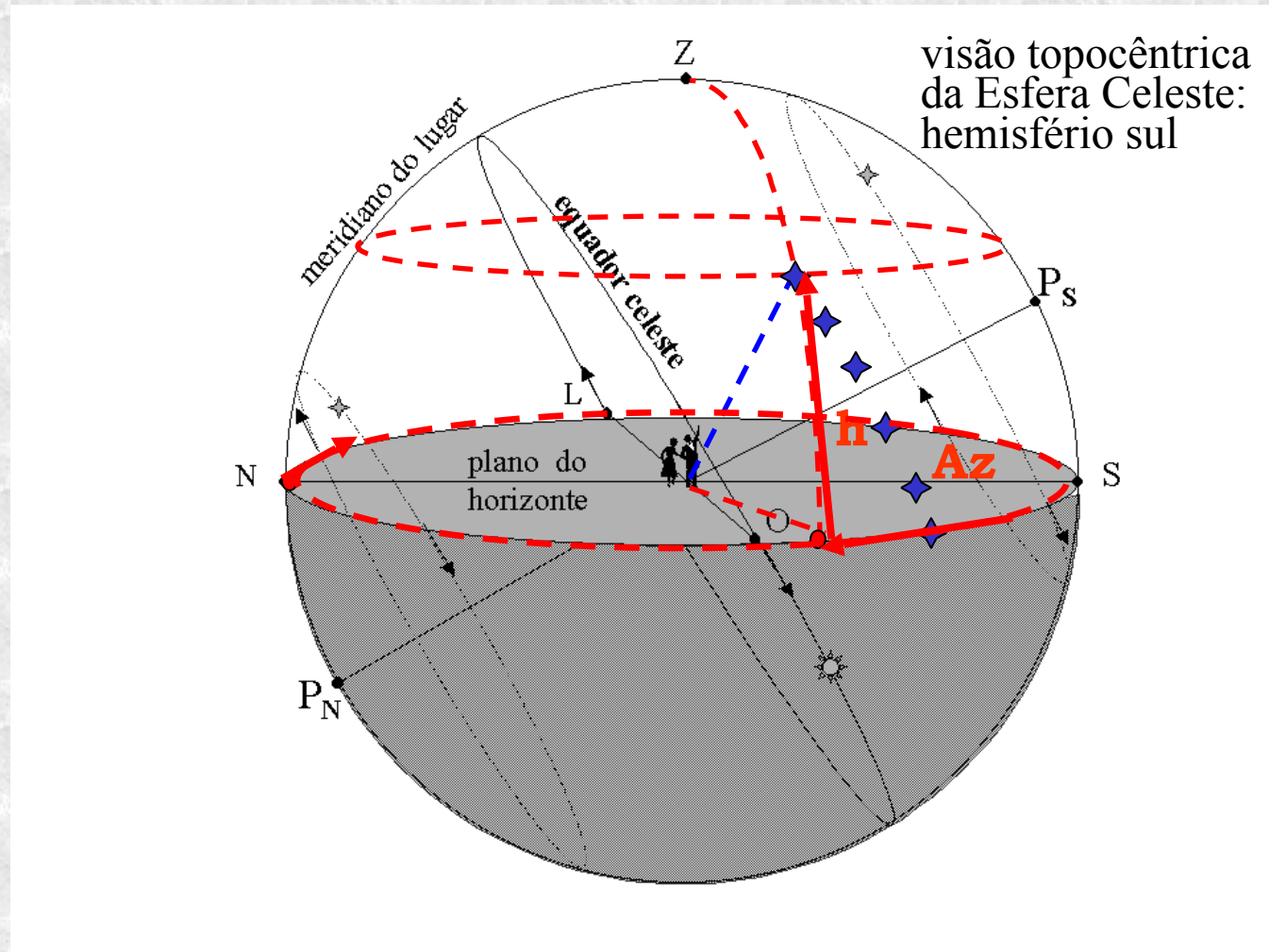
## 27 estrelas & 27 estados da Federação

constelações como “vistas” de fora da Esfera Celeste  
a partir do Rio de Janeiro no momento da Proclamação da República



# COORDENADAS CELESTES HORIZONTAIS LOCAIS

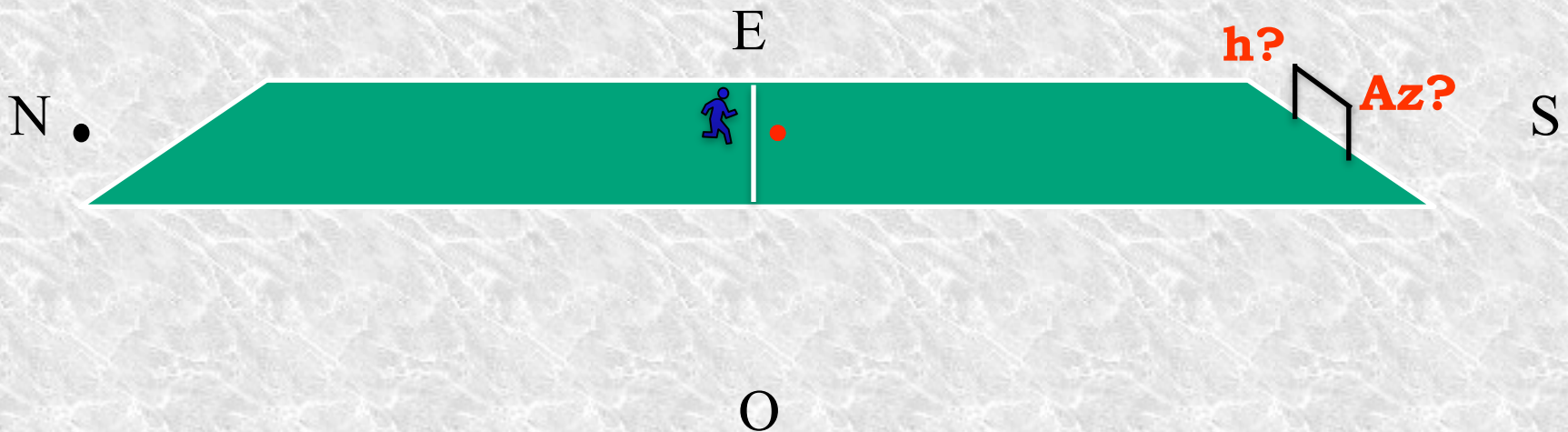
- **Altura** de  $0^\circ$  (Horizonte) a  $+90^\circ$  (Zênite):  **$h$**
- **Azimute** de  $0^\circ$  (N) a  $360^\circ$ , sentido Norte-Leste:  **$Az$**



# COORDENADAS CELESTES HORIZONTAIS LOCAIS

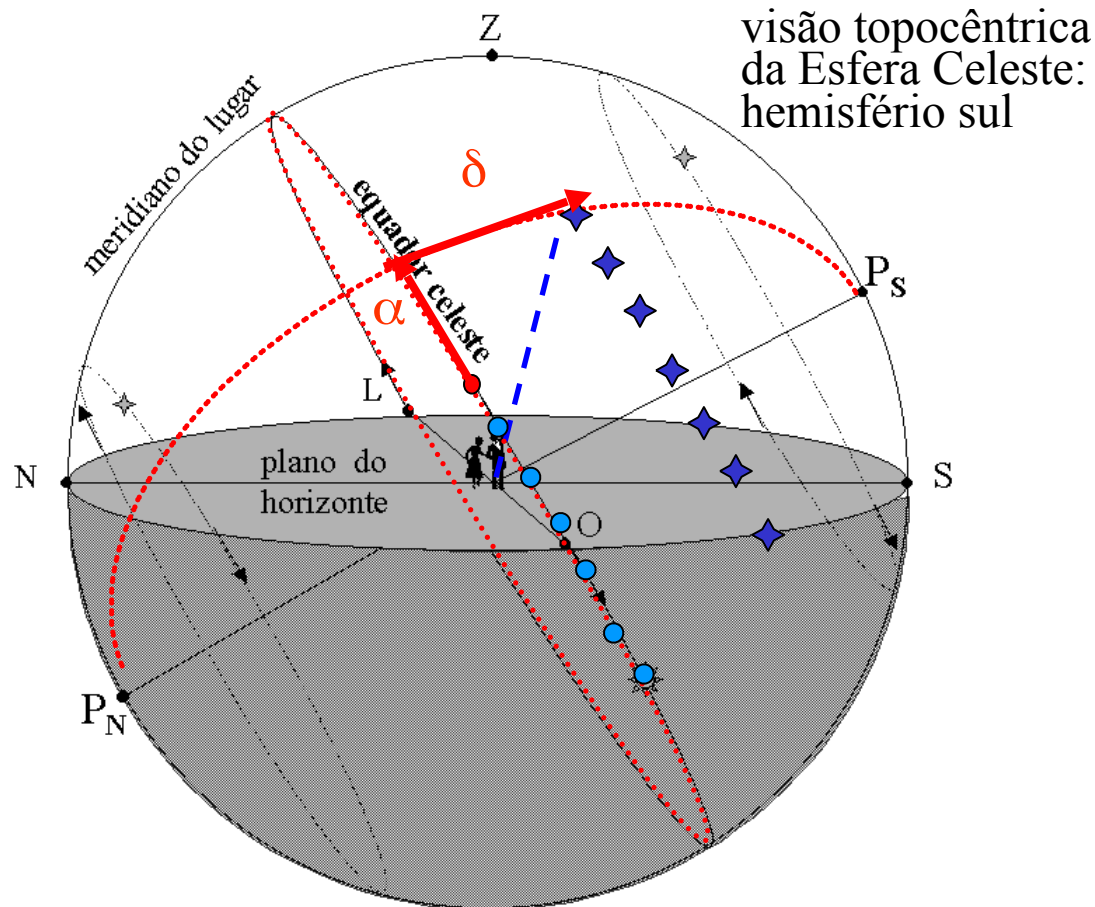
- **Altura** de  $0^\circ$  (Horizonte) a  $+90^\circ$  (Zênite):  **$h$**
- **Azimute** de  $0^\circ$  (N) a  $360^\circ$ , sentido Norte-Leste:  **$Az$**

para acertar o gol, o jogador deve chutar a bola para qual Azimute?  
E para qual Altura?



# COORDENADAS CELESTES EQUATORIAIS

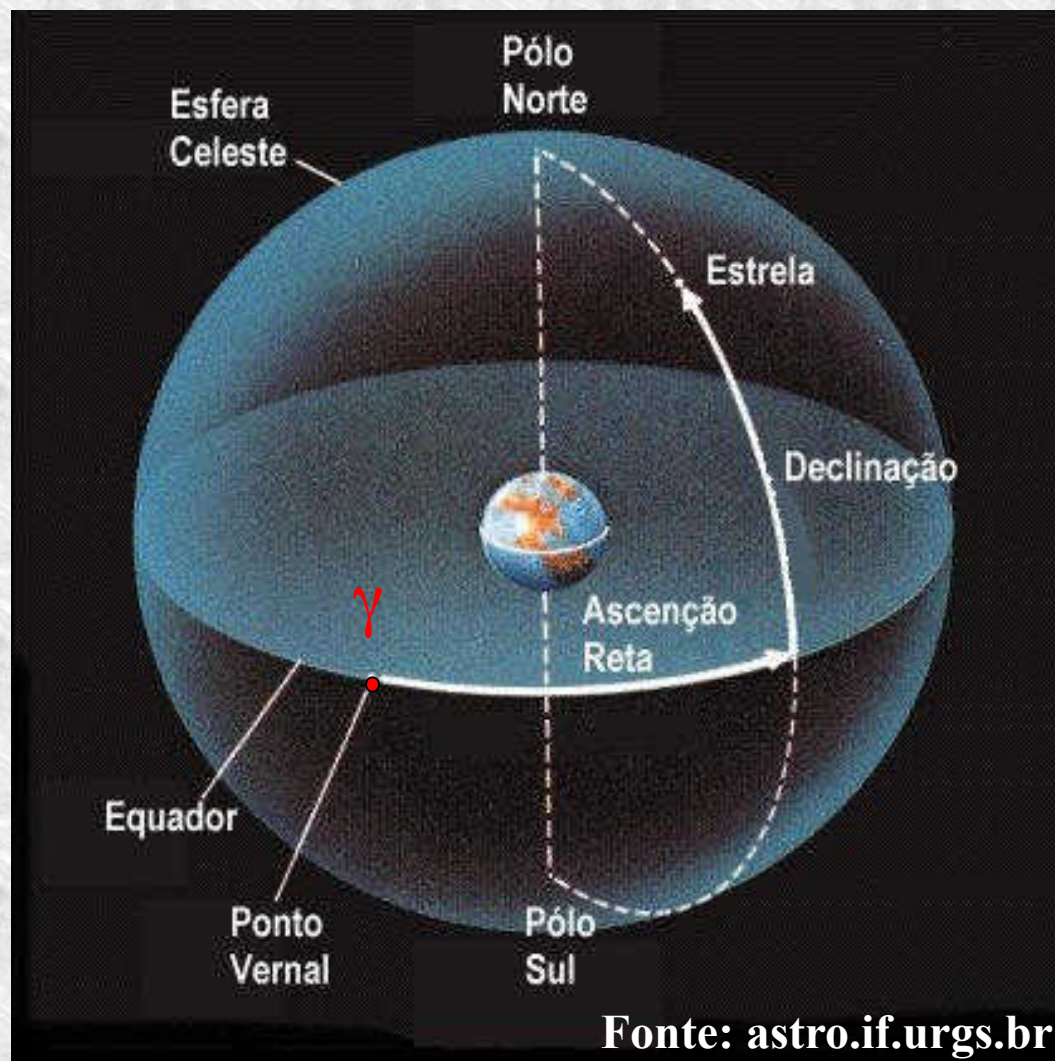
- **Declinação** de  $0^\circ$  (Equador) a  $\pm 90^\circ$  (Pólos Norte e Sul): **DEC** ou  $\delta$
- **Ascensão Reta** de 0 h (Ponto Gama) a 24 h (O para L): **AR, RA** ou  $\alpha$
- “fixas” ao astro



Tempo Sideral Local = AR + Ângulo Horário

# COORDENADAS CELESTES EQUATORIAIS:

- **Declinação** de  $0^\circ$  (Equador) a  $\pm 90^\circ$  (Pólos), **DEC** ou  $\delta$
- **Ascensão Reta** de 0 h (Ponto Vernal) a 24 h (O para L), **AR, RA** ou  $\alpha$
- “fixas” ao astro





MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

# ASTRONOMIA NO DIA A DIA

**XXI Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica  
CIAA 2021 ON-LINE**



***Dr. André Milone***

Divisão de Astrofísica (DIAST)

[andre.milone@inpe.br](mailto:andre.milone@inpe.br)

André Milone (Jeri, 87)

# **Astronomia no dia a dia - AULA 2**

**Forma e movimentos da Terra**

**Metro e Segundo de Tempo têm origem astronômica**

**Dias e noites**

**Estações do ano**

**Calendário Solar**

**Constelações astronômicas**

**Coordenadas celestes**

**Fases da Lua**

**Eclipses do Sol e da Lua**

**Marés dos oceanos**



# FASES DA LUA

**Dimensões da Lua, Terra e Sol**

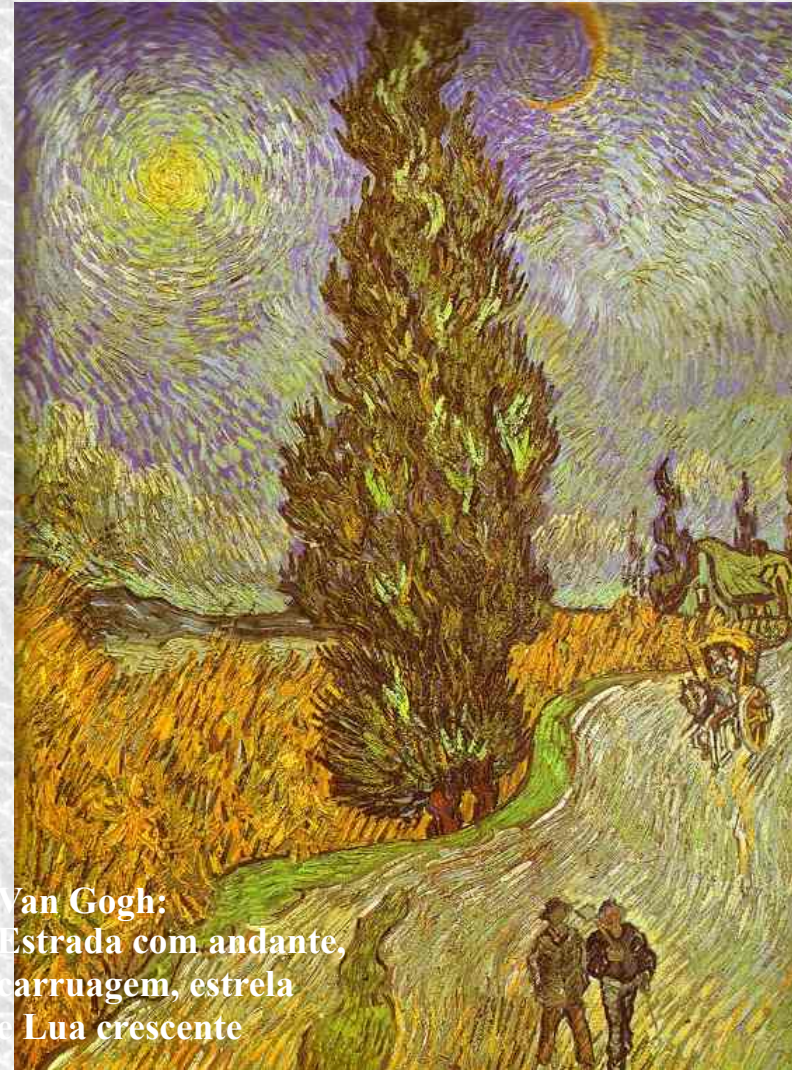
**Astro iluminado**

**Origem da Lua**

**Órbita e movimentos da Lua**

- órbita excêntrica
- sincronia rotação-translação

**Fases da Lua**



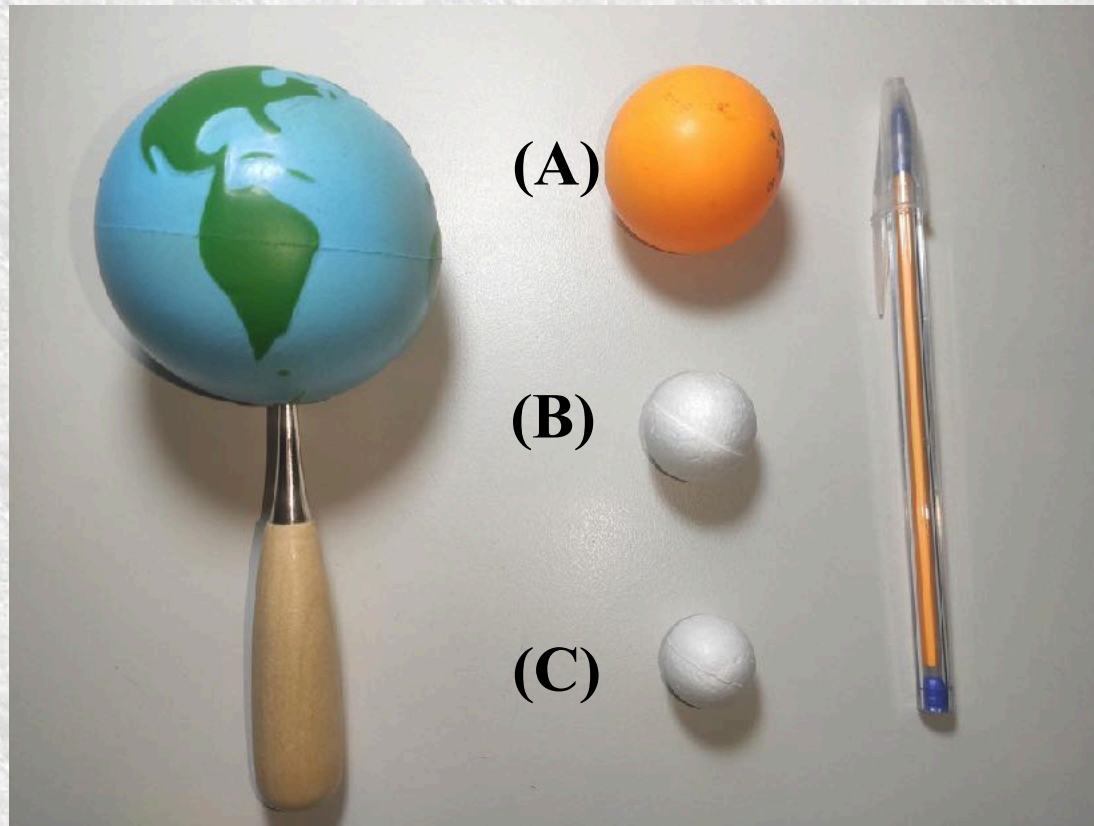
Van Gogh:  
Estrada com andante,  
carruagem, estrela  
e Lua crescente

# FASES DA LUA

- **A Lua aparece de dia no céu?**
  - Sim. Ela se movimenta ao redor da Terra (de oeste para leste no mesmo sentido que a Terra gira em torno de si e revoluciona ao redor do Sol).
- **Por que a Lua tem fases?**
  - Porque a Lua gira em torno da Terra enquanto é iluminada pelo Sol.
- **Por que a Lua mostra sempre a mesma face para a Terra?**
  - Sincronia de seu movimento de rotação com seu movimento de translação em torno da Terra. Ambos têm o mesmo período.
- **Existe lado escuro da Lua?**
  - Não. Porque a Lua gira em torno de si enquanto é iluminada pelo Sol.

# Dimensões relativas do Sistema Terra-Lua

Qual seria o tamanho da Lua entre os três na foto abaixo?



*Respostas levantando a mão!*

# Dimensões relativas do Sistema Terra-Lua

**Tamanho relativo da Lua: resposta (C).**

**E a qual distância a Lua estaria da Terra nesta escala?**

**(a) 20 cm**

**(b) 1 metro**

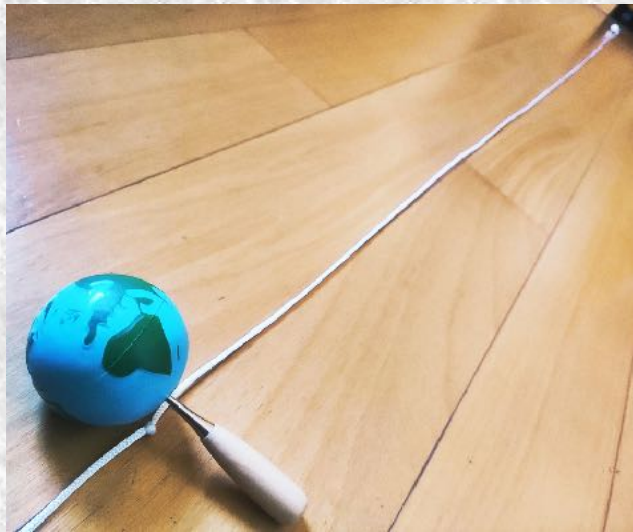
**(c) 2 metros**

*Respostas levantando a mão!*



# Dimensões relativas do Sistema Terra-Lua

Distância relativa da Lua nesta escala: ~ 2 metros!

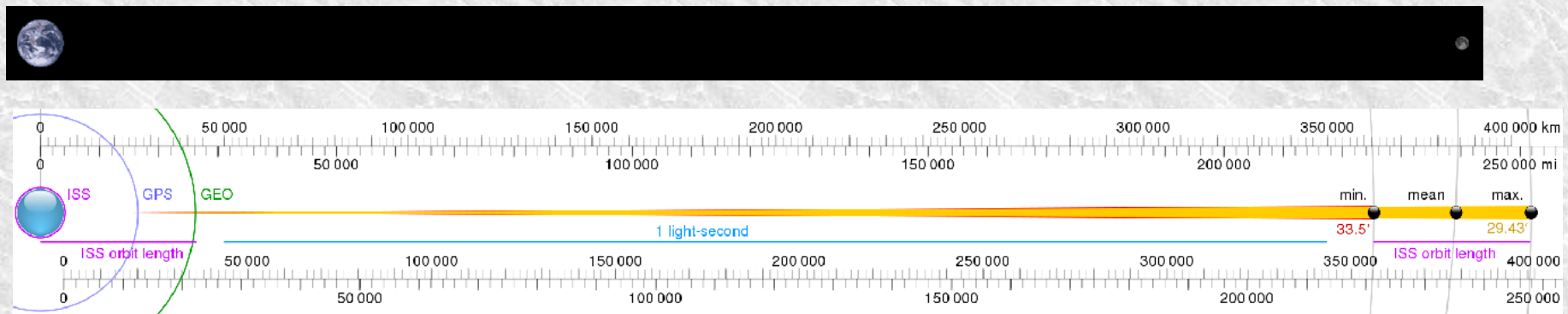


**diâmetro e a distância do Sol nesta escala:**

diâmetro do Sol  $\approx$  7 metros

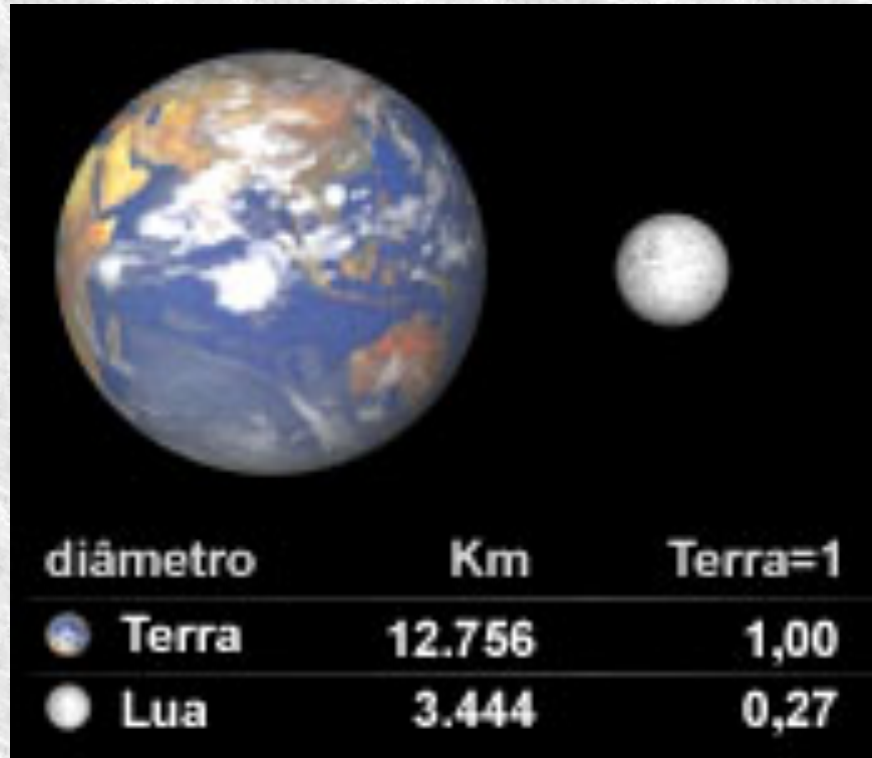
distância ao Sol  $\approx$  800 metros

# Sistema Terra-Lua: dimensões



Wikipedia

# Dimensões da Lua e Terra



Gravidade superficial  $g=G.M/R^2$  ( $v_{\text{escape}}$ ) & Densidade média,  $\rho=3M/4\pi R^3$

- **Terra:**  $9,8 \text{ m/s}^2$  ( $11,2 \text{ km/s}$ ) &  $5,5 \text{ g/cm}^3$
- **Lua:**  $1,6 \text{ m/s}^2 \approx 1/6$  da terrestre ( $2,4 \text{ km/s}$ ) &  $3,3 \text{ g/cm}^3$

## Diâmetro e Distância (relativos ao diâmetro terrestre)

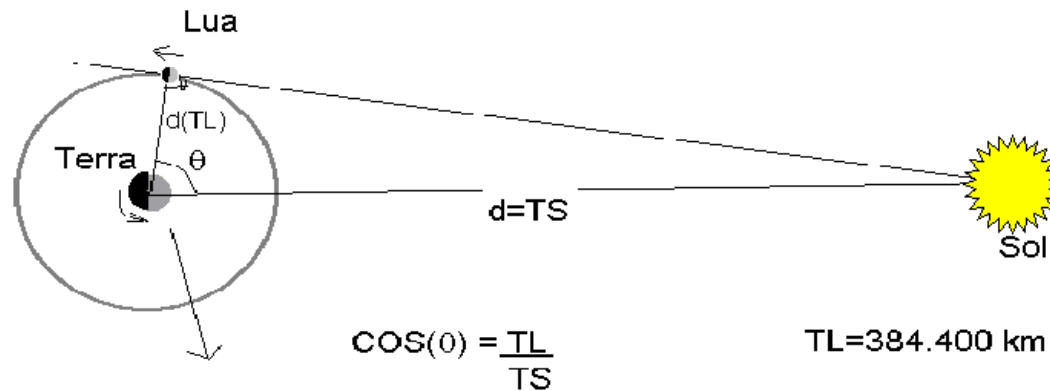
<b>Terra</b>	1	----
<b>Lua</b>	$\approx 1/4$	$\approx 30$
<b>Sol</b>	$\approx 100$	$\approx 12.000$

*(sugestão de atividade)*

### ALGUNS DADOS FÍSICOS DO SOL, TERRA E LUA.

	Diâmetro equatorial	Massa (comparativa à Terra)	Volume (comparativo à Terra)	Distância média à Terra
<b>Terra</b>	12.756 km	1	1	-----
<b>Lua</b>	3.476 km	1/80	1/50	384.400 km
<b>Sol</b>	1.392.000 km	333.000	1.300.000	149.600.000 km

# Cálculo da distância Terra-Sol (figura fora de escala): Aristarco (300 a.c.)



$$d(\text{Terra-Sol}) = \frac{TL}{\cos(\theta)} \quad TS$$

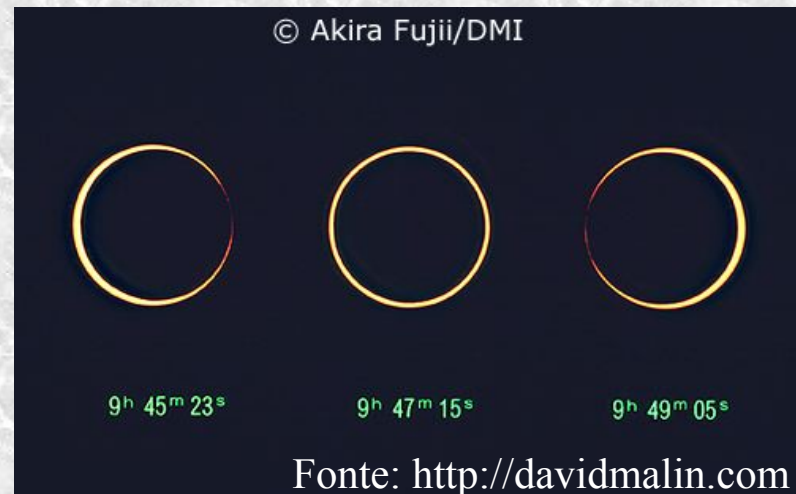
$$\theta(\text{APIΣTAPXO}) = 87^\circ \quad \rightarrow 7.300.000 \text{ km}$$

$$\theta(\text{real}) = 89^\circ,85 \quad \rightarrow 149.500.000 \text{ km}$$

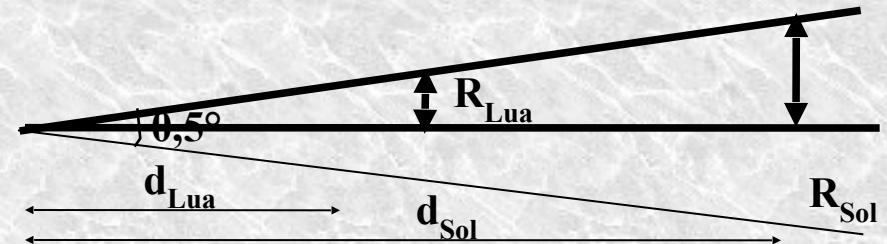
*Aristarco: distância Terra-Sol  $\approx 19 \times$  distância Terra-Lua*

***mais precisa: distância Terra-Sol  $\approx 389 \times$  distância Terra-Lua***

# Tamanhos aparentes da Lua e Sol são comparáveis



$$R_{\text{Sol}}/R_{\text{Lua}} \cong 400 \cong d_{\text{Sol}}/d_{\text{Lua}}$$



*semelhança de triângulos*

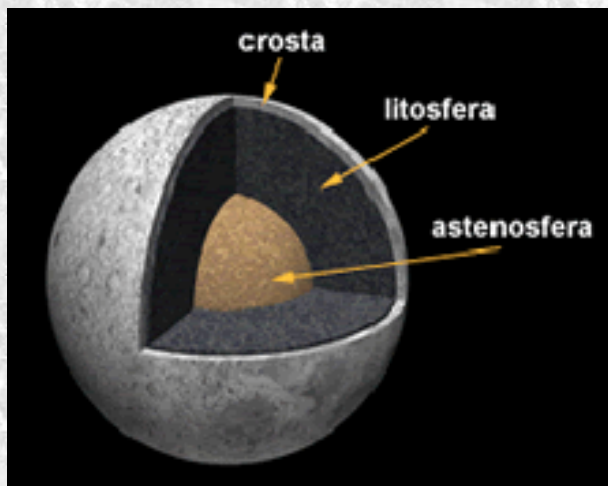
# Origem da Lua: quatro hipóteses

- Grande impacto de um embrião planetário ou planeta (Theia, tamanho ~Marte) com a proto-Terra
- Ruptura rotacional da Terra
- Captura gravitacional pela Terra
- Agregação gravitacional simultânea com a Terra



Wikipedia

**crosta sólida** (regolito): basalto (Fe e Ni) nos *mares*, voltados para a Terra, e anortosito (Ca, Al e Si) nas montanhas

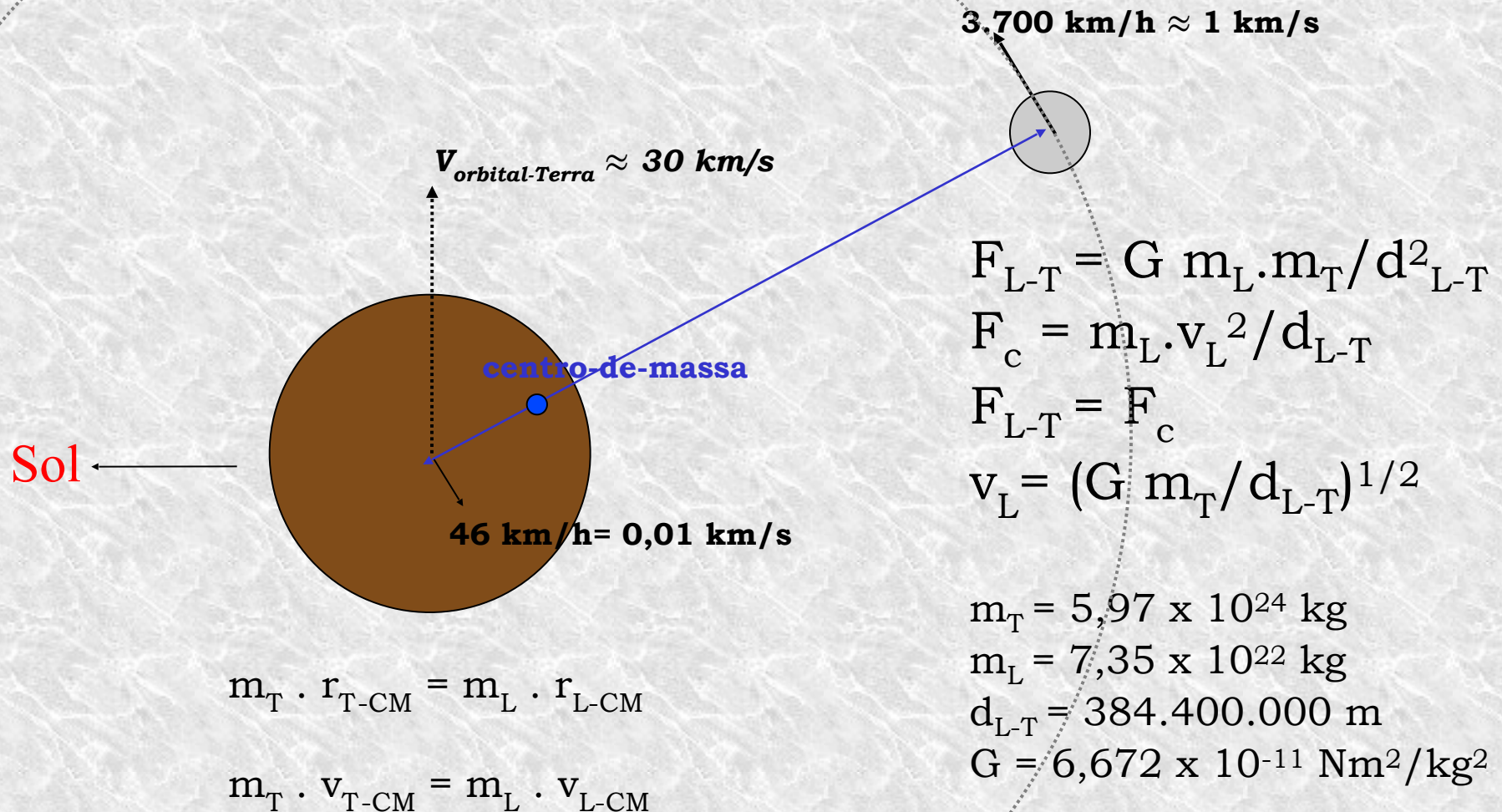


**litosfera** (manto com 3 camadas, mais interna parcialmente liquefeita e demais sólidas)

**astenosfera** (núcleo externo liquefeito + núcleo interno sólido)

# Translação da Lua (fora de escala): por que a Lua não cai sobre a Terra?

## Ponderabilidade gravitacional

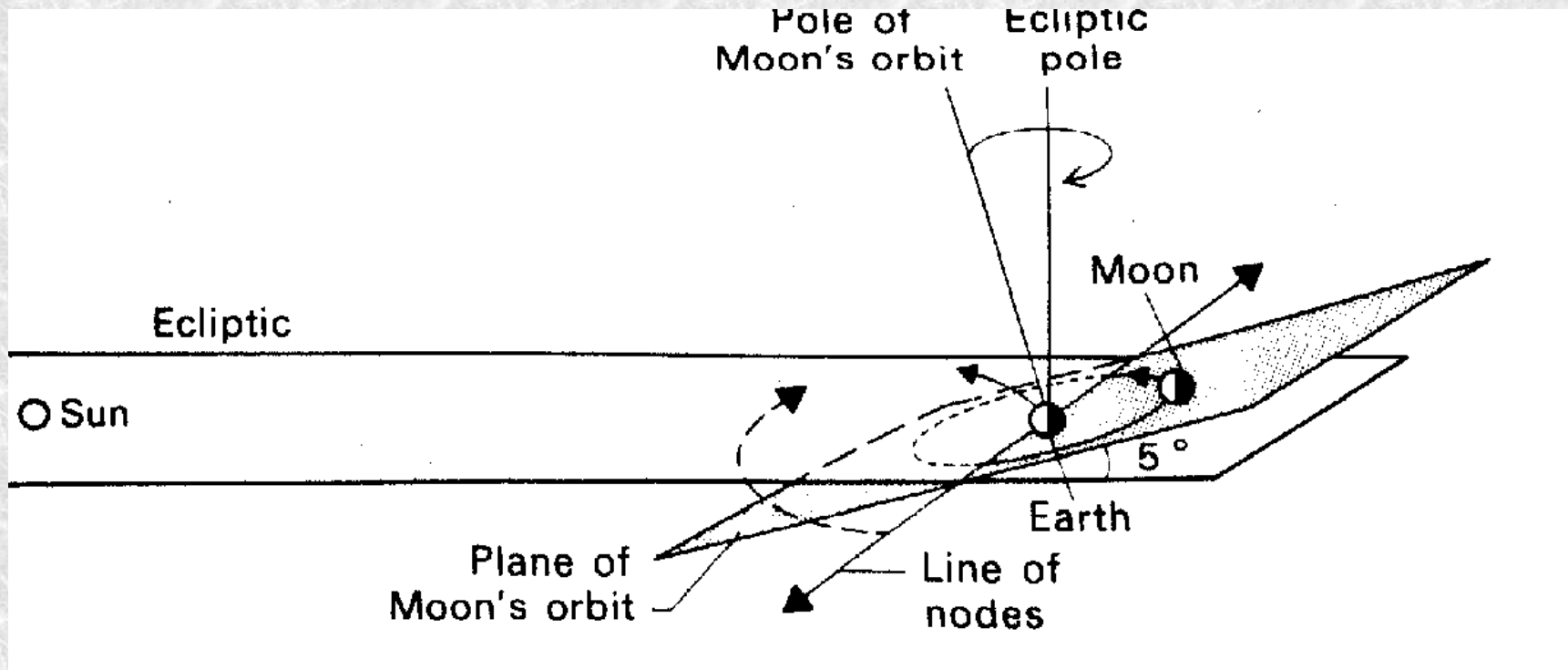


# Variação do tamanho aparente da Lua devido a sua órbita elíptica



# Ilustração da órbita da Lua

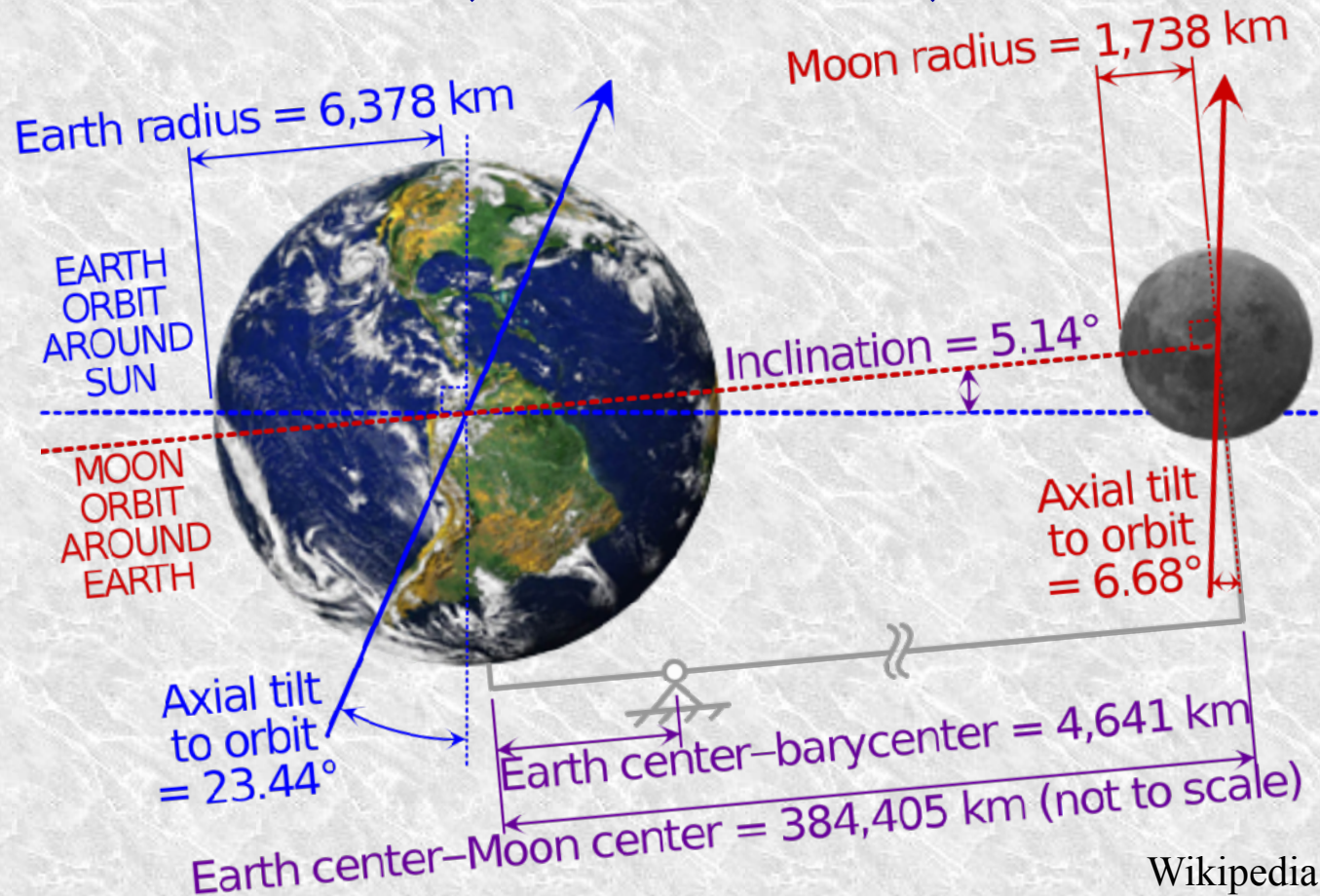
(fora de escala)



## Dados importantes:

- Inclinação de  $\approx 5^\circ$  entre as órbitas da Lua e Terra
- Precessão retrógrada da órbita lunar (Período=18,6 anos)

# Geometria das órbitas e rotações da Lua e Terra (fora de escala)



## Dado técnico:

- A inclinação do eixo de rotação da Lua é de  $\sim 7^\circ$  relativo à órbita dela, enquanto que o eixo da Terra é inclinado em quase  $23,5^\circ$

# **Terra e seu satélite natural — astros iluminados:** ***a Lua reflete 7% da luz solar e a Terra 39%***



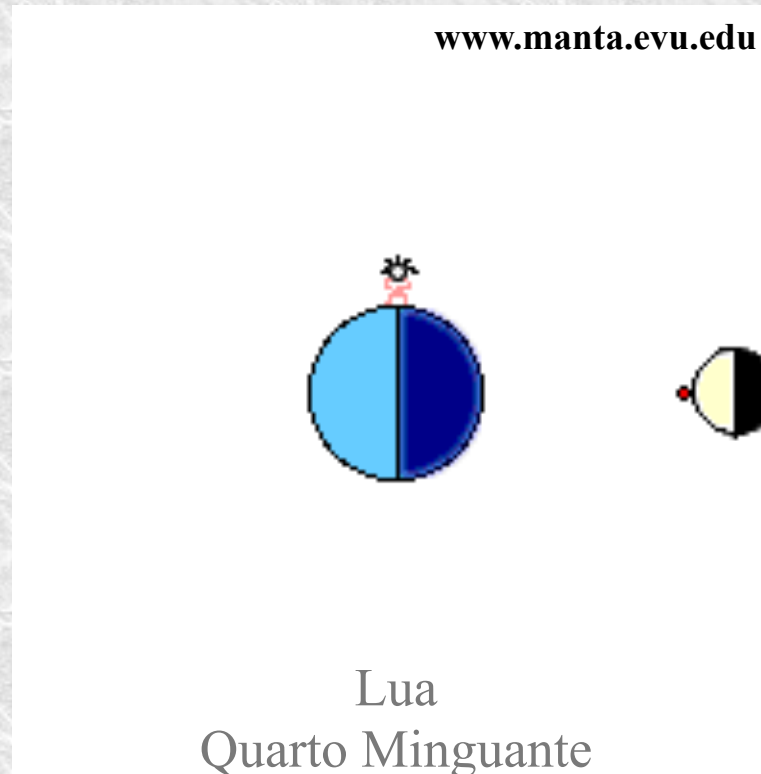
# *A Lua é iluminada pela Terra também!*



# Sincronia da rotação e translação da Lua: mesma face voltada para Terra

S  
O  
L

Lua Nova

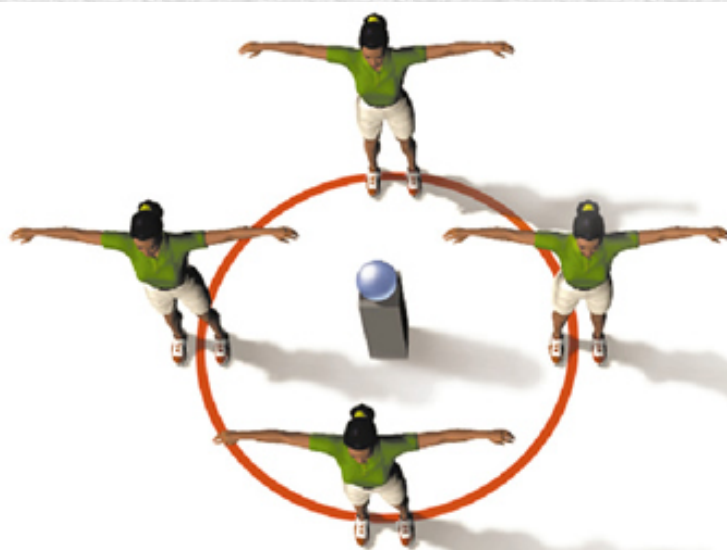


Lua Cheia

## Dados importantes:

- A órbita da Lua é elíptica:  $d_{\text{Terra-Lua}} = 356.000 \text{ a } 406.400 \text{ km}$
- Período sideral de revolução da Lua = Período sideral de rotação da Lua = 27 dias, 7 h e 43 min
- Causa da sincronia: evolução dinâmica Lua-Terra (marés, diminuição de mov. rotação) a um equilíbrio!

# Sincronia da rotação e translação da Lua: mesma face voltada para Terra (sugestão de atividade)



**sem rotação**

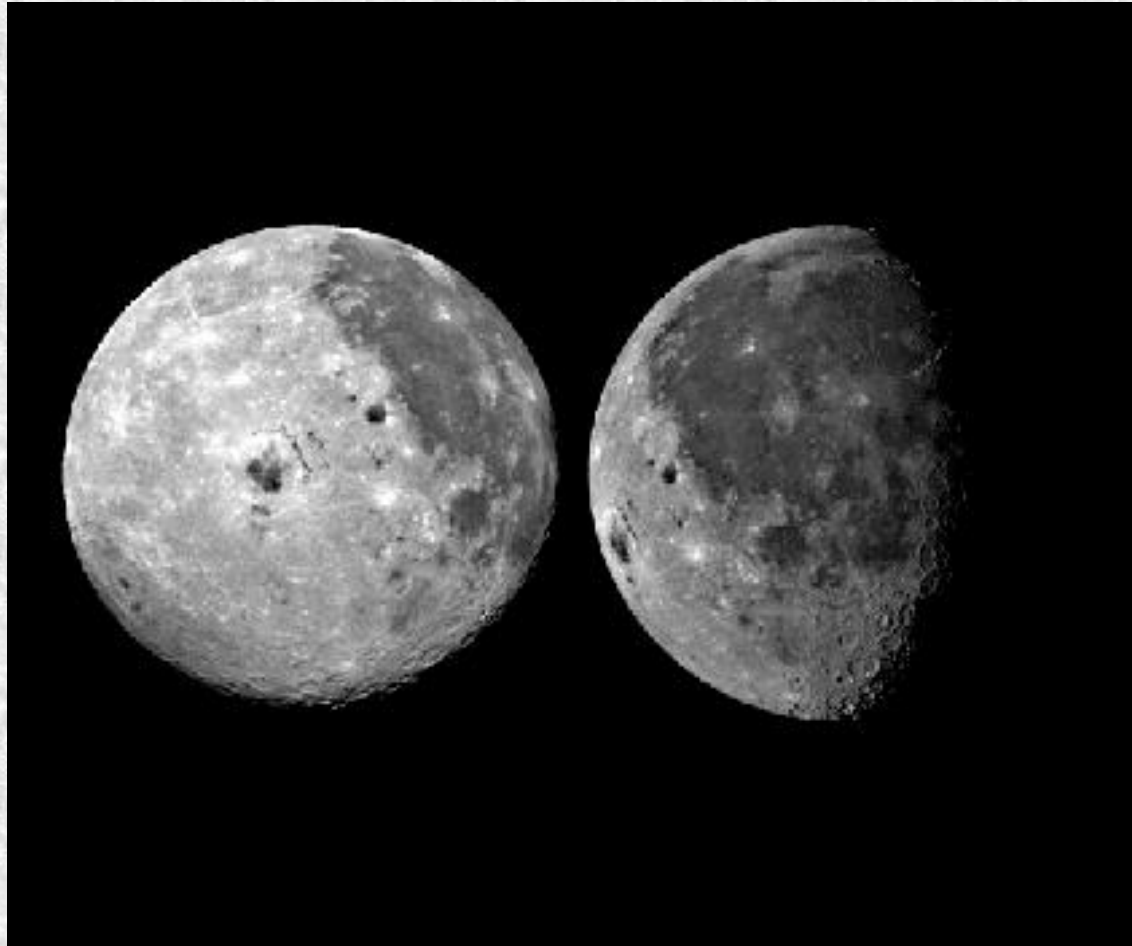


$$P_{\text{rotação}} = P_{\text{translação}}$$

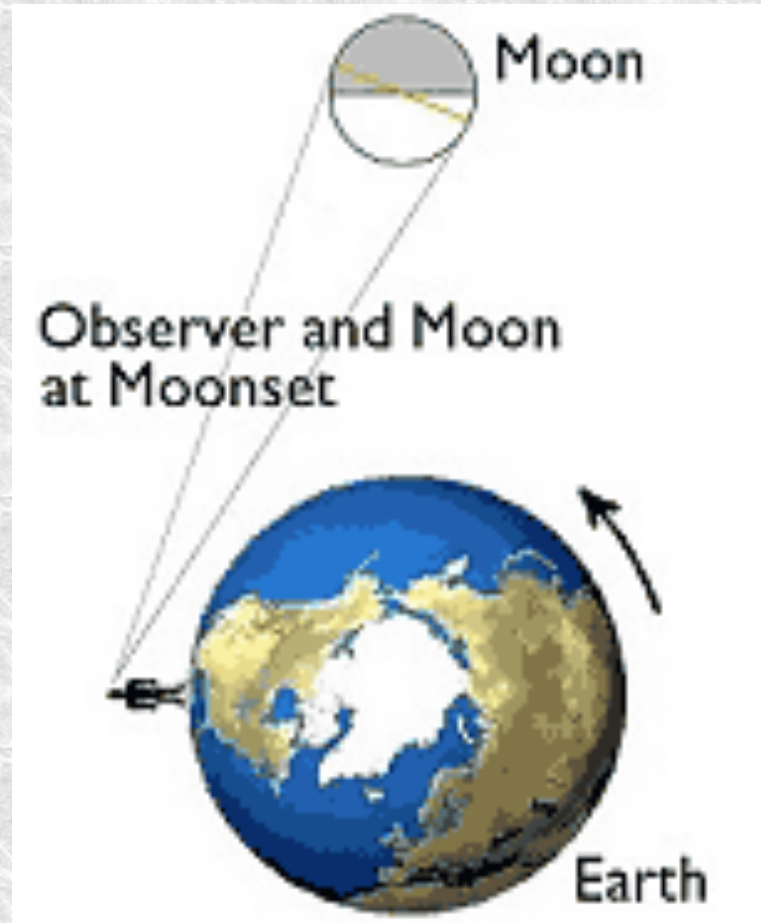
© 2005 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

# A face oculta da Lua visualizada em duas imagens

(repare que a Lua está em fase nova)



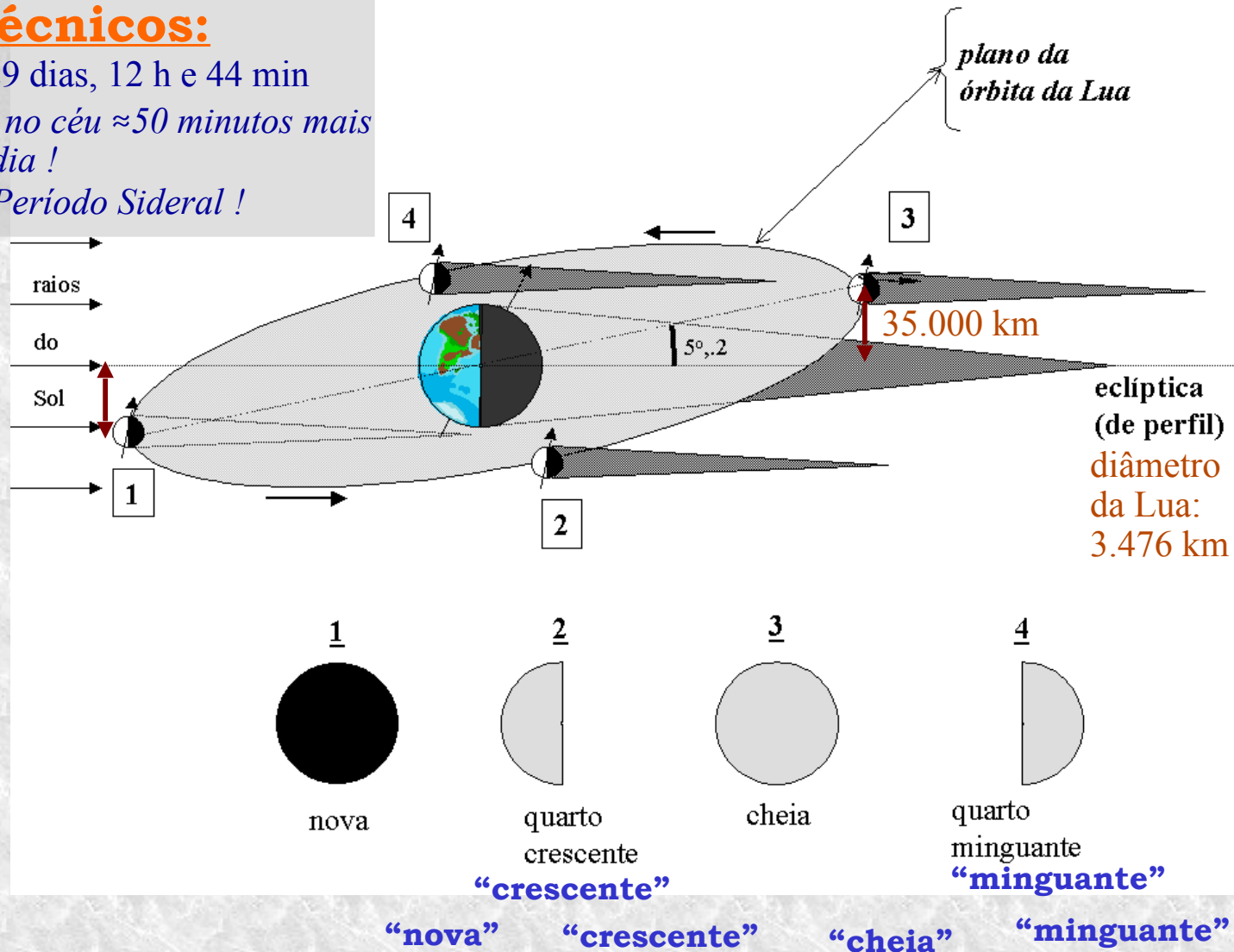
**Da Terra, por efeito de paralaxe, a Lua parece vibrar e podemos visualizar mais que 50% da superfície lunar:**  
*libração*



# A translação da Lua (fora de escala): fases principais vistas do hemisfério sul da Terra

## Dados técnicos:

- Lunação = 29 dias, 12 h e 44 min
- A Lua surge no céu  $\approx 50$  minutos mais tarde a cada dia !
- Lunação > Período Sideral !



# Astronomia no dia a dia: tarefas

## D. observar o HORIZONTE OESTE no início da noite AO LONGO DE ALGUNS DIAS

- acompanhar o mov. aparente da Lua a cada 1 dia num horário fixo (ex. 19h)



# A Lua em fases sequenciais

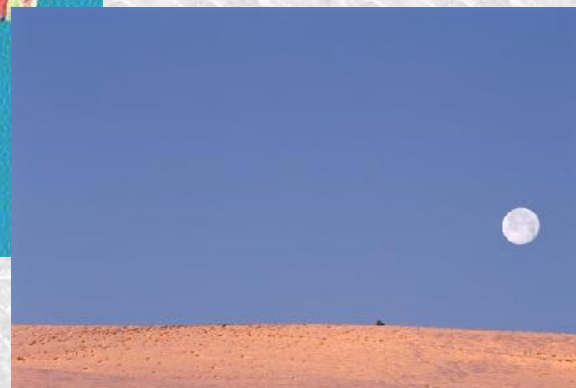


*Fonte: [www.air.and.space.com](http://www.air.and.space.com)*

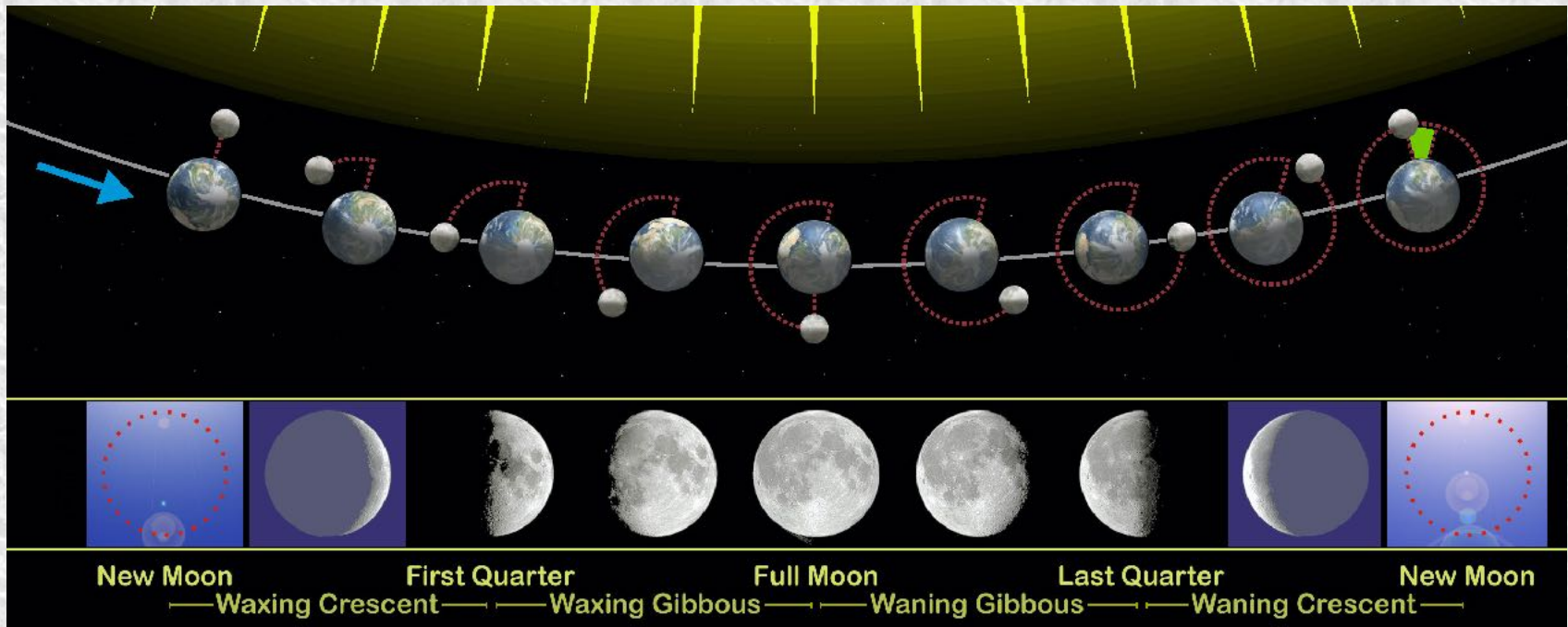
# A Lua também está presente no céu diurno (em diferentes fases)



Dr. André Milone (INPE)

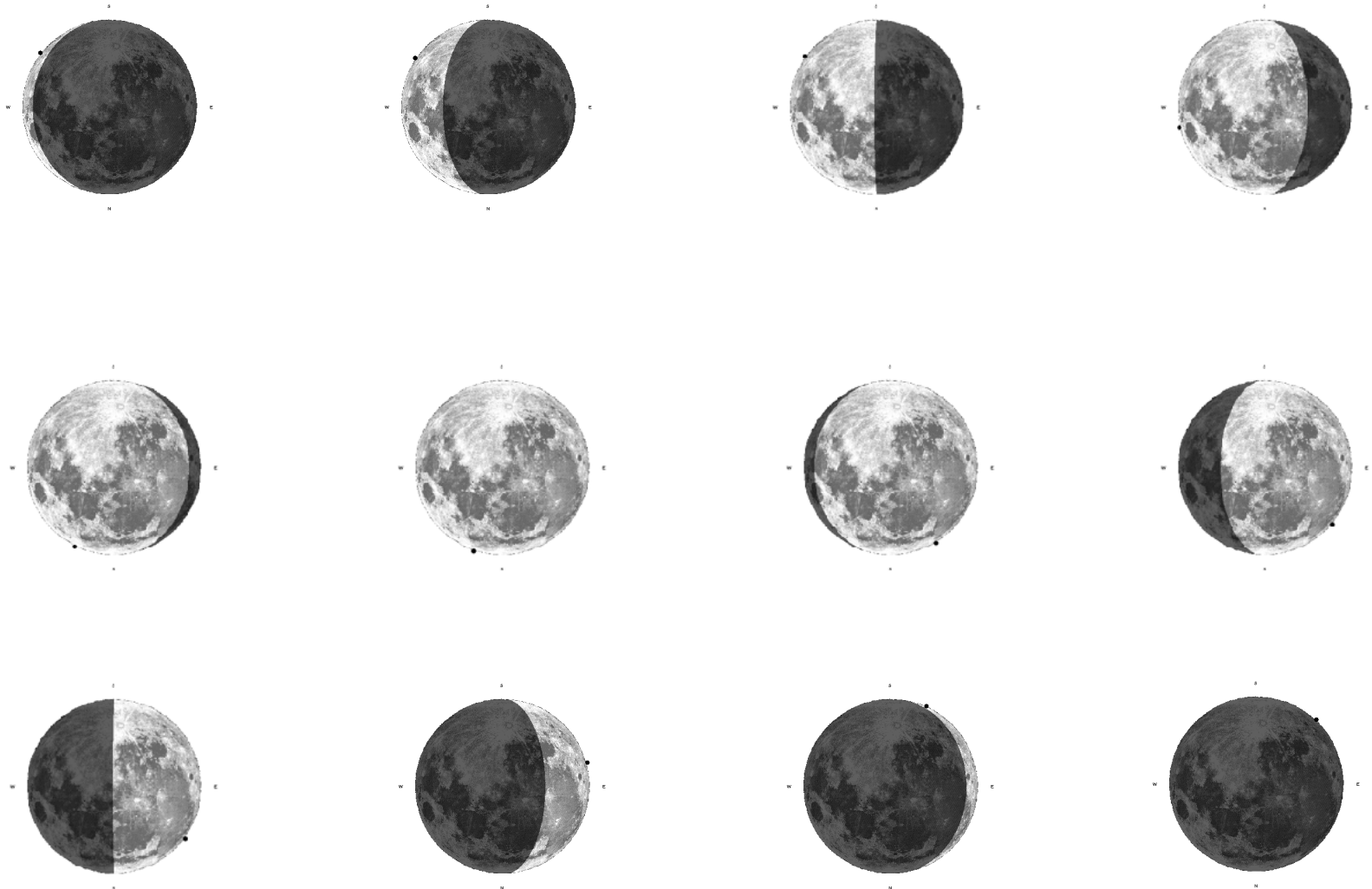


**Por que o período sideral de rotação da Lua (27,3 d) é diferente da lunação (29,5 d)?  
Qual dos dois períodos representa o dia solar da Lua?**



- Porque a Lua acompanha a revolução da Terra em torno do Sol. A lunação é maior porque a Lua gira em torno da Terra no mesmo sentido que a Terra “translada” ao redor do Sol.
- A lunação representa o dia solar da Lua, i.e. o dia na Lua dura 29,5 dias.

# A Lua em fases sequenciais (hem. sul): intervalos de $1/12$ da lunação ou 2,461 dias (solares)



# FASES DA LUA

- **A Lua aparece de dia no céu?**

- Sim. Ela se movimenta ao redor da Terra (de oeste para leste no mesmo sentido que a Terra gira em torno de si e revoluciona ao redor do Sol).

- **Por que a Lua tem fases?**

- Porque a Lua gira em torno da Terra enquanto é iluminada pelo Sol.

- **Por que a Lua mostra sempre a mesma face para a Terra?**

- Sincronia de seu movimento de rotação com seu movimento de translação em torno da Terra. Ambos têm o mesmo período (períodos siderais).

- **Existe lado escuro da Lua?**

- Não. Porque a Lua gira em torno de si enquanto é iluminada pelo Sol.

# ECLIPSES DA LUA E SOL

- **Frequência dos eclipses**
  - plano e precessão da órbita da Lua
- **Eclipses da Lua**
  - tipos e durações
- **Eclipses do Sol**
  - tipos e durações



# Eclipses da Lua e Sol & marés dos oceanos

- **O que são eclipses da Lua?**

- Ocorrem quando se tem Sol–Terra–Lua “alinhados” nesta ordem, tal que a Terra eclipsa total ou parcialmente a Lua Cheia (Lua atravessa a sombra da Terra).
- Basta ter a Lua no céu pra ser visualizado. São fenômenos de observação simultânea a partir de diferentes locais.

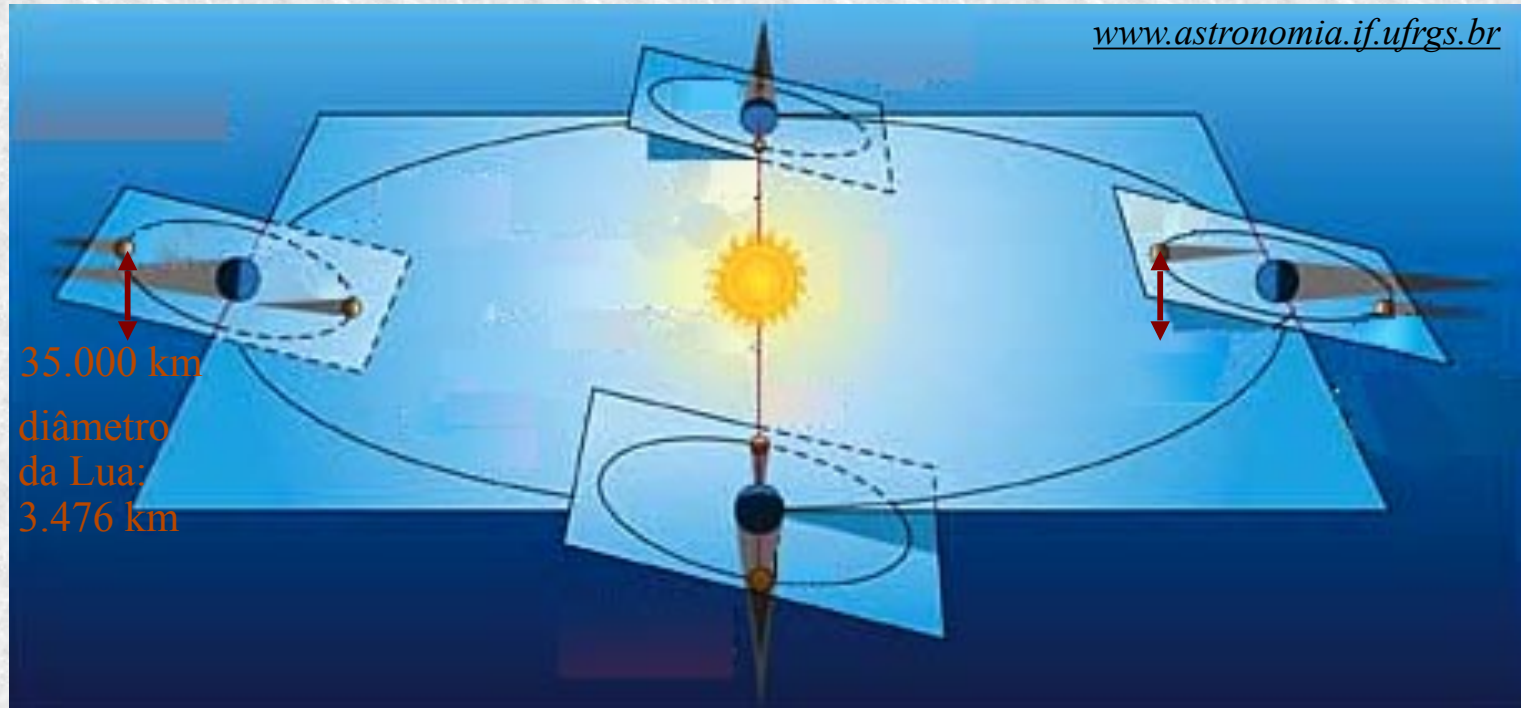
- **O que são eclipses do Sol?**

- Ocorrem quando se tem Sol–Lua–Terra “alinhados” nesta ordem, tal que a Lua eclipsa o Sol total ou parcialmente (Lua projeta sombra na Terra).
- Eclipses solares acontecem com maior frequência do que os eclipses da Lua, mas são vistos em número menor a partir de um dado local. São fenômenos de observação não-simultânea (a sombra da Lua percorre a superfície terrestre ocultando o Sol em instantes continuamente distintos).

- **Qual é a causa das marés dos oceanos?**

- Atração gravitacional mútua da Lua e Sol. A atração diferencial de cada astro sobre partes opostas da Terra faz “escorrer” os oceanos na direção astro–Terra.

# Órbita da Lua em diferentes pontos da órbita da Terra (fora de escala)



## Dados importantes

- **Órbita elíptica** da Lua  $\leftrightarrow d_{\text{Terra-Lua}}$  varia de 356.000 a 406.400 km
- **Inclinação entre planos orbitais** da Lua/Terra  $\leftrightarrow$  **não há eclipses em todas lunações**
- **Precessão retrógrada** da órbita lunar ( $P = 18,6$  anos)  $\leftrightarrow$  **frequência dos eclipses & nutação 1 do eixo terrestre**

# Frequência dos eclipses lunares e solares

**Se a órbita da Lua estivesse no mesmo plano da órbita da Terra:**

- os eclipses da Lua e Sol ocorreriam em todas Luas Cheias e Novas respectivamente

**Se a orientação da órbita da Lua não variasse (considerando inclinação entre os planos orbitais):**

- os eclipses da Lua e Sol ocorreriam a cada 6 meses (aos pares talvez)

**Mas, como a órbita da Lua é inclinada e tem precessão retrógrada além de outros fatores geométricos:**

- Os eclipses ocorrem a cada 173 dias (1, 2 ou 3 eclipses) numa certa ordenação perfazendo um ciclo a cada 18 anos e 11 dias (Período de Saros, que sempre apresenta 29 lunares e 41 solares).

***Os eclipses solares acontecem em maior número. Anualmente, ocorrem no mínimo 2 eclipses (que são solares) e no máximo 7 (5 solares e 2 lunares ou 4 solares e 3 lunares).***

- *Porém, de um dado local, há mais chance de se observar eclipses lunares!*

# Eclipses da Lua

## Penumbral

- Quando a **Lua percorre apenas a penumbra** da Terra
- Imperceptível à visão humana

## Parcial

- Quando a **Lua fica parcialmente imersa na umbra** da Terra

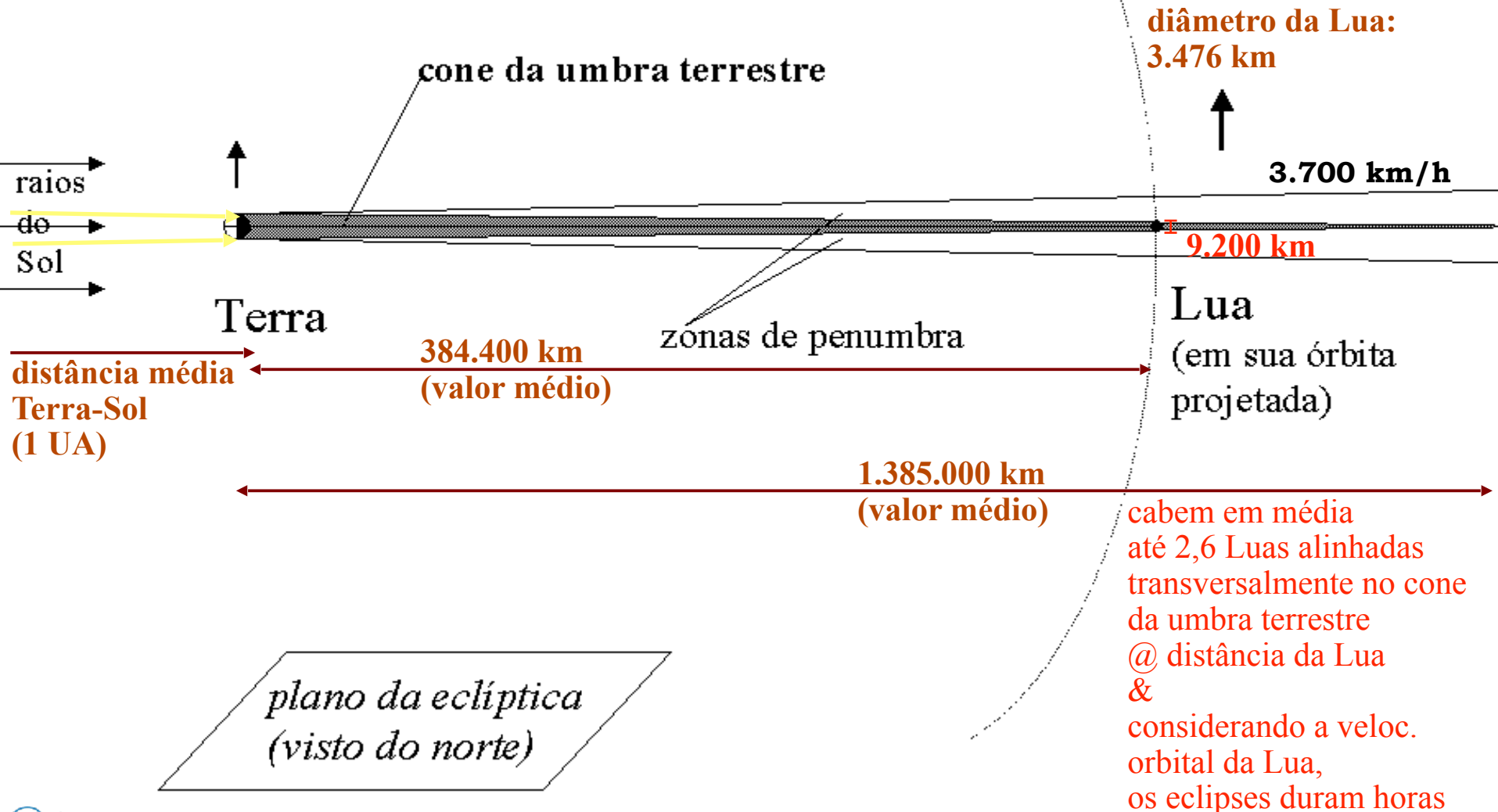
## Total

- Quando a **Lua fica totalmente imersa na umbra** da Terra
- Porém, a Lua não fica totalmente obscurecida. POR QUE???
- (magnitude = número ou fração de diâmetros lunares imersos, direção radial, no instante do meio da totalidade)

***Eclipses da Lua são fenômenos de observação simultânea  
&  
somente são vistos a partir da parte noturna da Terra!***

# Ilustração de um eclipse lunar total

(distância e dimensões Terra-Lua em escala, exceto dimensão da sombra terrestre)



# Fotografias de eclipses da Lua

Fonte: <http://davidmalin.com>



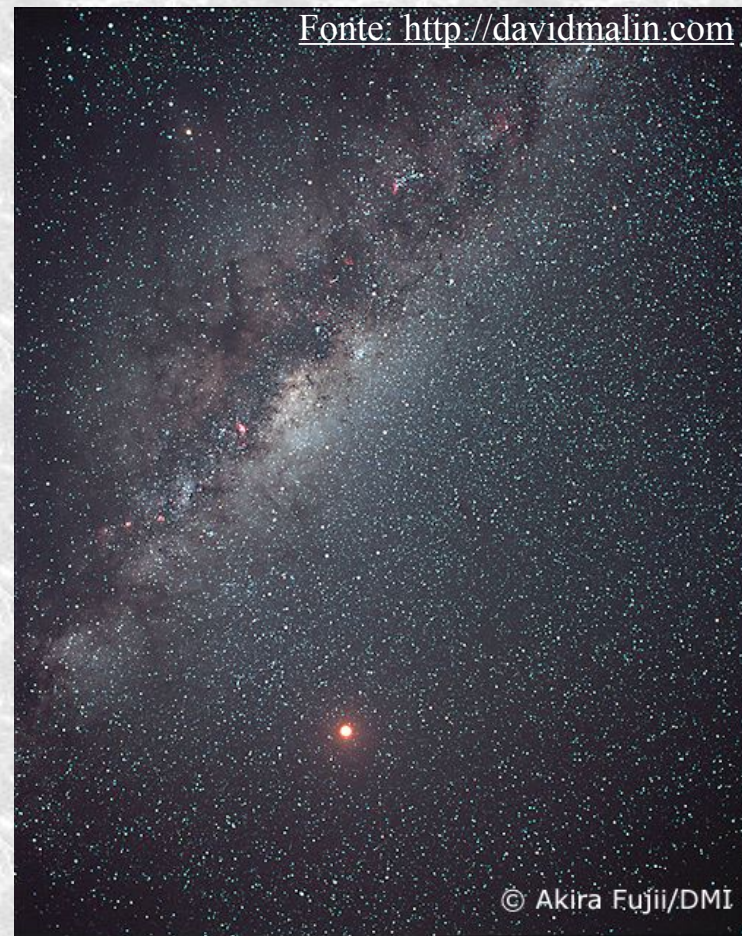
© Akira Fujii/DMI

© Akira Fujii/DMI



Fonte: <http://davidmalin.com>

Fonte: <http://davidmalin.com>



© Akira Fujii/DMI

# Durações dos eclipses lunares

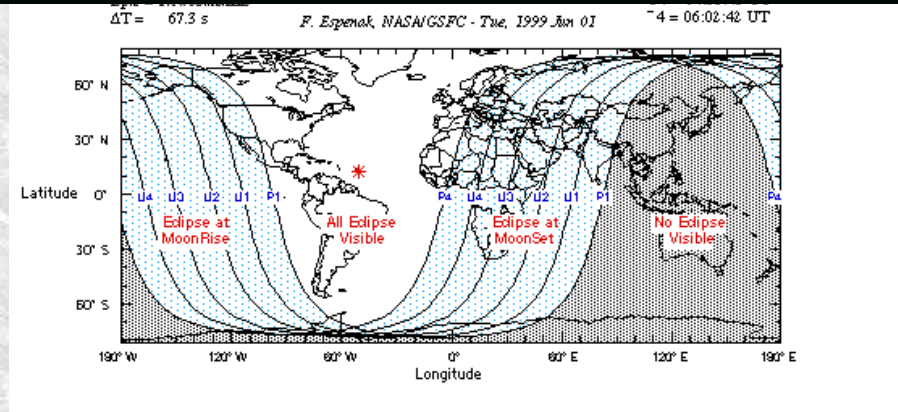
➔ Durante um eclipse lunar, a Lua percorre a sombra da Terra com uma velocidade média de 3.700 km/h

➔ No caso de um eclipse total, a Lua precisa percorrer no máximo o diâmetro da umbra terrestre que na distância da Lua tem em média 9.200 km; então a **totalidade pode durar até 1 hora e 33 minutos** e o **fenômeno completo** desde o início até o fim da parcialidade **pode durar até 3 horas e 26 minutos ou 6 horas considerando os percursos da penumbra**



<http://www.brasilolheparaocceu.org.br>

# O eclipse total da Lua de 27-28/outubro/2004: “passeio” da Lua através da sombra da Terra



# Fotografias de eclipses da Lua

(publicadas na mídia nacional)



<b>Lunar Eclipses: 2021 - 2030</b>						
Calendar Date	TD of Greatest Eclipse	Eclipse Type	Saros Series	Umbral Magnitude	Eclipse Duration	Geographic Region of Eclipse Visibility
<a href="#">2021 May 26</a>	11:19:53	Total	<a href="#">121</a>	1.009	03h07m 00h15m	e Asia, Australia, Pacific, Americas
<a href="#">2021 Nov 19</a>	09:04:06	Partial	<a href="#">126</a>	0.974	03h28m	Americas, n Europe, e Asia, Australia, Pacific
<a href="#">2022 May 16</a>	04:12:42	Total	<a href="#">131</a>	1.414	03h27m 01h25m	Americas, Europe, Africa
<a href="#">2022 Nov 08</a>	11:00:22	Total	<a href="#">136</a>	1.359	03h40m 01h25m	Asia, Australia, Pacific, Americas
<a href="#">2023 May 05</a>	17:24:05	Penumbral	<a href="#">141</a>	-0.046	-	Africa, Asia, Australia
<a href="#">2023 Oct 28</a>	20:15:18	Partial	<a href="#">146</a>	0.122	01h17m	e Americas, Europe, Africa, Asia, Australia
<a href="#">2024 Mar 25</a>	07:13:59	Penumbral	<a href="#">113</a>	-0.132	-	Americas
<a href="#">2024 Sep 18</a>	02:45:25	Partial	<a href="#">118</a>	0.085	01h03m	Americas, Europe, Africa
<a href="#">2025 Mar 14</a>	06:59:56	Total	<a href="#">123</a>	1.178	03h38m 01h05m	Pacific, Americas, w Europe, w Africa
<a href="#">2025 Sep 07</a>	18:12:58	Total	<a href="#">128</a>	1.362	03h29m 01h22m	Europe, Africa, Asia, Australia
<a href="#">2026 Mar 03</a>	11:34:52	Total	<a href="#">133</a>	1.151	03h27m 00h58m	e Asia, Australia, Pacific, Americas
<a href="#">2026 Aug 28</a>	04:14:04	Partial	<a href="#">138</a>	0.930	03h18m	e Pacific, Americas, Europe, Africa
<a href="#">2027 Feb 20</a>	23:14:06	Penumbral	<a href="#">143</a>	-0.057	-	Americas, Europe, Africa, Asia
<a href="#">2027 Jul 18</a>	16:04:09	Penumbral	<a href="#">110</a>	-1.068	-	e Africa, Asia, Australia, Pacific
<a href="#">2027 Aug 17</a>	07:14:59	Penumbral	<a href="#">148</a>	-0.525	-	Pacific, Americas
<a href="#">2028 Jan 12</a>	04:14:13	Partial	<a href="#">115</a>	0.066	00h56m	Americas, Europe, Africa
<a href="#">2028 Jul 06</a>	18:20:57	Partial	<a href="#">120</a>	0.389	02h21m	Europe, Africa, Asia, Australia
<a href="#">2028 Dec 31</a>	16:53:15	Total	<a href="#">125</a>	1.246	03h29m 01h11m	Europe, Africa, Asia, Australia, Pacific

# Próximo eclipse lunar parcial visível do Brasil

## Partial Lunar Eclipse of 2021 Nov 19

Ecliptic Conjunction = 08:58:37.0 TD (= 08:57:24.4 UT)

Greatest Eclipse = 09:04:05.7 TD (= 09:02:53.1 UT)

Penumbral Magnitude = 2.0720 P. Radius = 1.1829° Gamma = -0.4552

Umbral Magnitude = 0.9742 U. Radius = 0.6434° Axis = 0.4104°

Saros Series = 126 Member = 46 of 72

### Sun at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 15h39m50.9s

Dec. = -19°32'33.1"

S.D. = 00°16'11.0"

H.P. = 00°00'08.9"

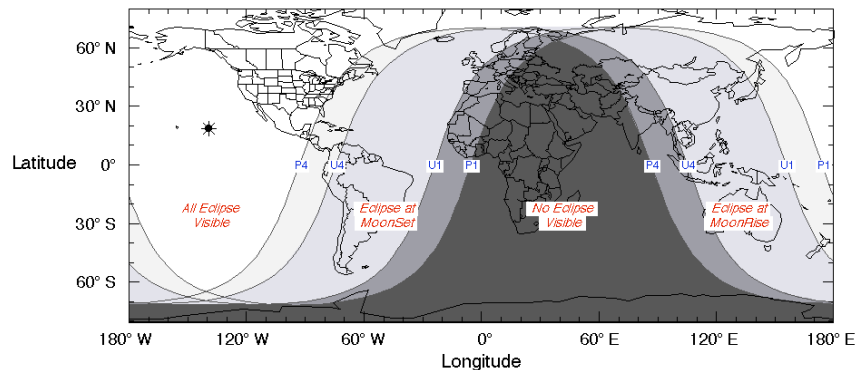
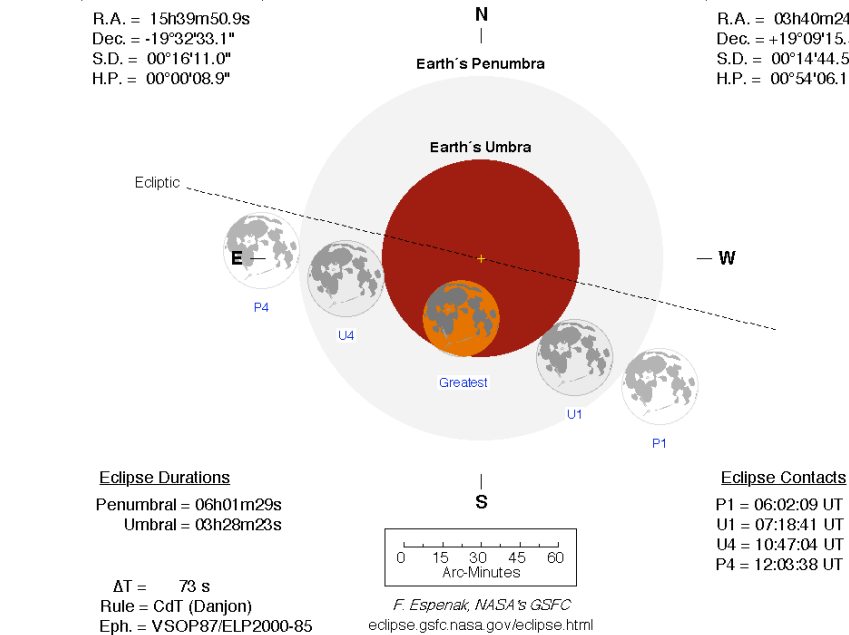
### Moon at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 03h40m24.8s

Dec. = +19°09'15.5"

S.D. = 00°14'44.5"

H.P. = 00°54'06.1"



2009 Apr 29

# Próximo eclipse lunar total visível do Brasil

## Total Lunar Eclipse of 2022 May 16

Ecliptic Conjunction = 04:15:18.8 TD (= 04:14:06.0 UT)

Greatest Eclipse = 04:12:41.6 TD (= 04:11:28.8 UT)

Penumbral Magnitude = 2.3726 P. Radius = 1.2854° Gamma = -0.2532

Umbral Magnitude = 1.4137 U. Radius = 0.7580° Axis = 0.2555°

Saros Series = 131 Member = 34 of 72

### Sun at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 03h31m49.5s

Dec. = +19°05'13.4"

S.D. = 00°15'49.2"

H.P. = 00°00'08.7"

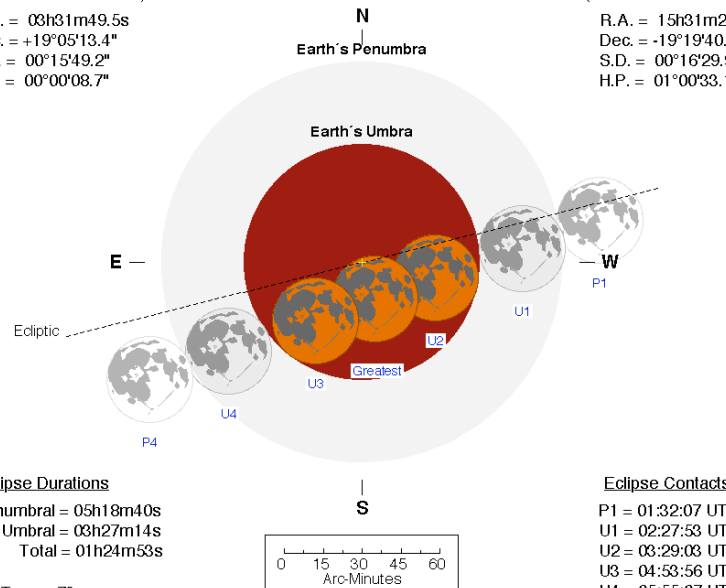
### Moon at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 15h31m27.8s

Dec. = -19°19'40.4"

S.D. = 00°16'29.9"

H.P. = 01°00'33.1"



### Eclipse Durations

Penumbral = 05h18m40s

Umbral = 03h27m14s

Total = 01h24m53s

$\Delta T = 73$  s

Rule = CdT (Danjon)

Eph. = VSOP87/ELP2000-85

### Eclipse Contacts

P1 = 01:32:07 UT

U1 = 02:27:53 UT

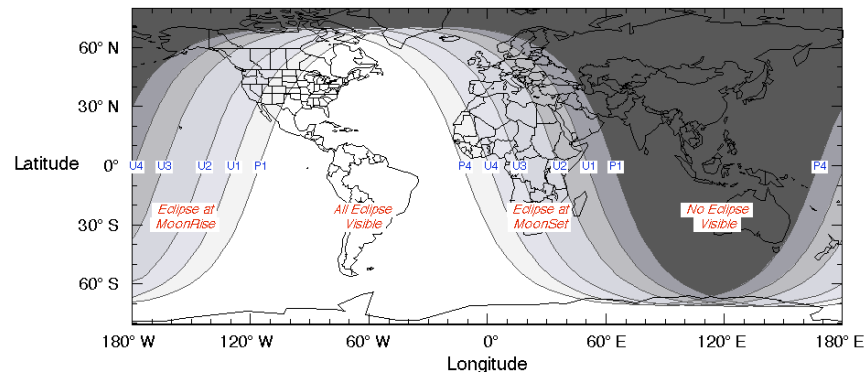
U2 = 03:29:03 UT

U3 = 04:53:56 UT

U4 = 05:55:07 UT

P4 = 06:50:48 UT

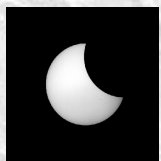
F. Espenak, NASA's GSFC  
eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html



2009 Apr 29

# Eclipses do Sol

## Parcial



- Quando a **Lua projeta apenas sua penumbra** na Terra
- O Sol, visto de alguns locais, é parcialmente encoberto pela Lua

## Anular



- Quando a **Lua está alinhada com o Sol, está mais afastada da Terra e projeta apenas sua penumbra** na Terra
- É visto como parcial não-anular de certos locais

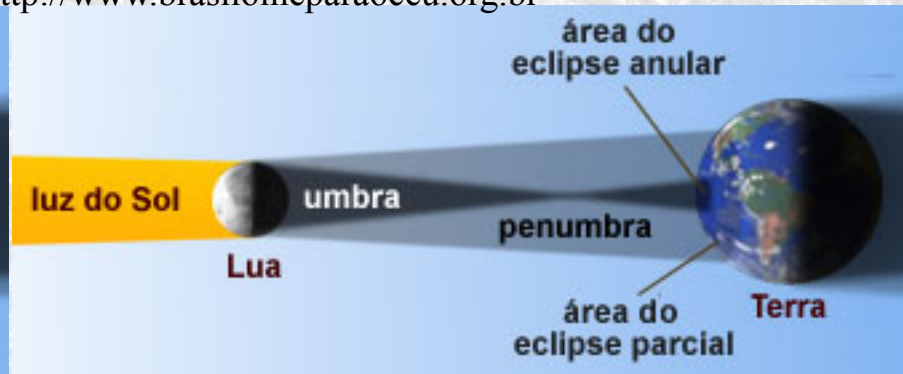
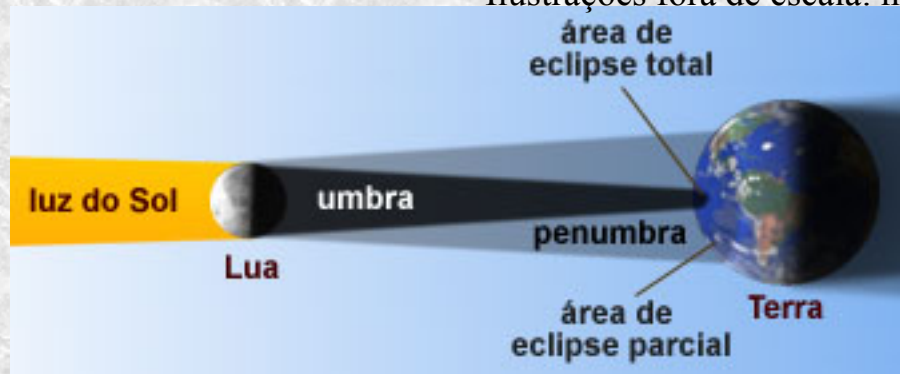
## Total



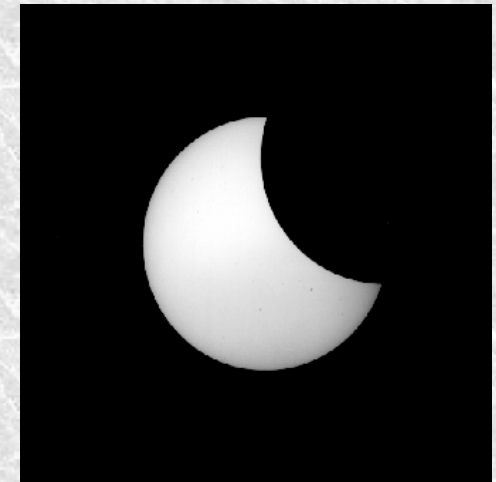
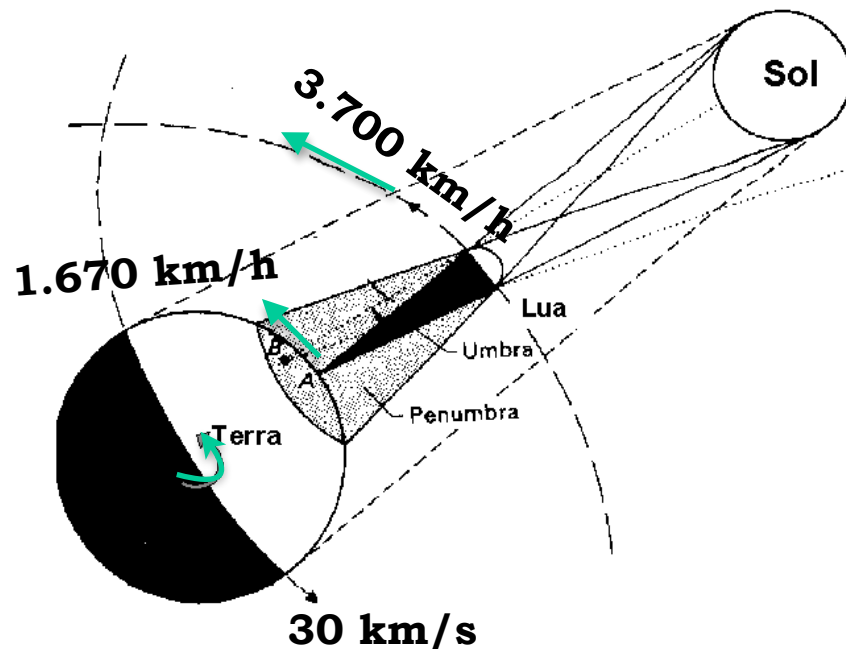
- Quando a **Lua projeta sua umbra (e penumbra)** na Terra
- É visto como parcial de certos locais

## *Fenômenos de observação não-simultânea!*

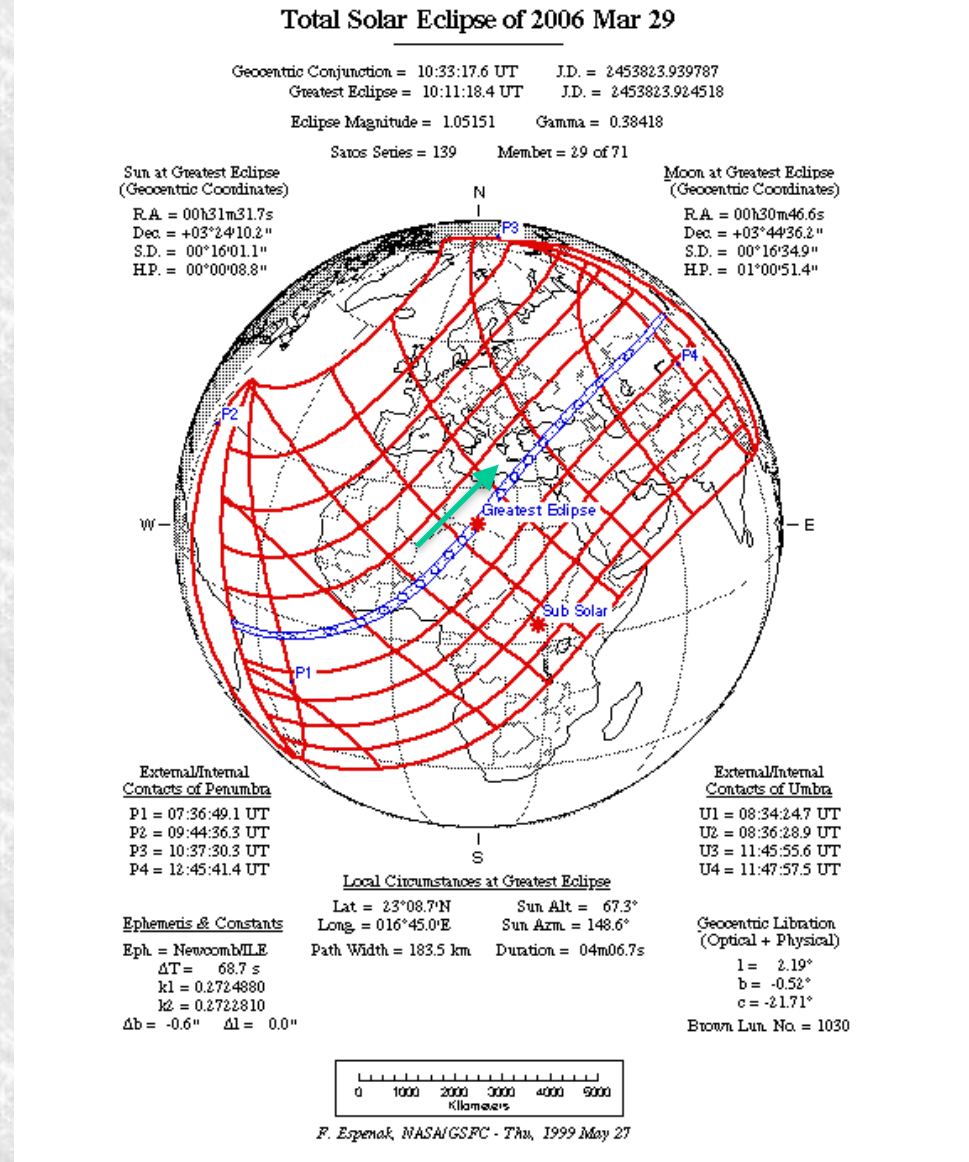
Ilustrações fora de escala: <http://www.brasilolheparaocceu.org.br>



# **Ilustração de um eclipse total do Sol** (fora de escala) **com fotografia feita a partir do ponto B** **de onde foi avistado como parcial** (foto de André Milone, Obs. do Valongo/UFRJ, 29/03/1987)



# Projeção da sombra da Lua em dois eclipses totais do Sol



# Durações dos eclipses solares

➡ Durante um eclipse solar, a penumbra e/ou umbra da Lua percorre a superfície da Terra de oeste para leste com uma velocidade média de 2.000 km/h, determinada pela translação da Lua projetada na Terra e pela rotação terrestre (mesmo sentido)

- No caso de um eclipse total, a extensão da umbra lunar na Terra tem no máximo 270 km, então a **totalidade pode durar até 7,5 minutos** enquanto o **fenômeno completo pode durar 2 horas**

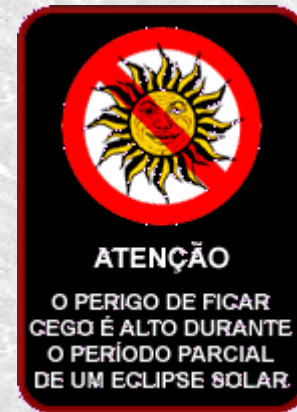


Eclipse Total do Sol de 11/08/1999 fotografado da estação orbital MIR

# Sequência de imagens de um eclipse total do Sol: Zâmbia, 21/06/2001

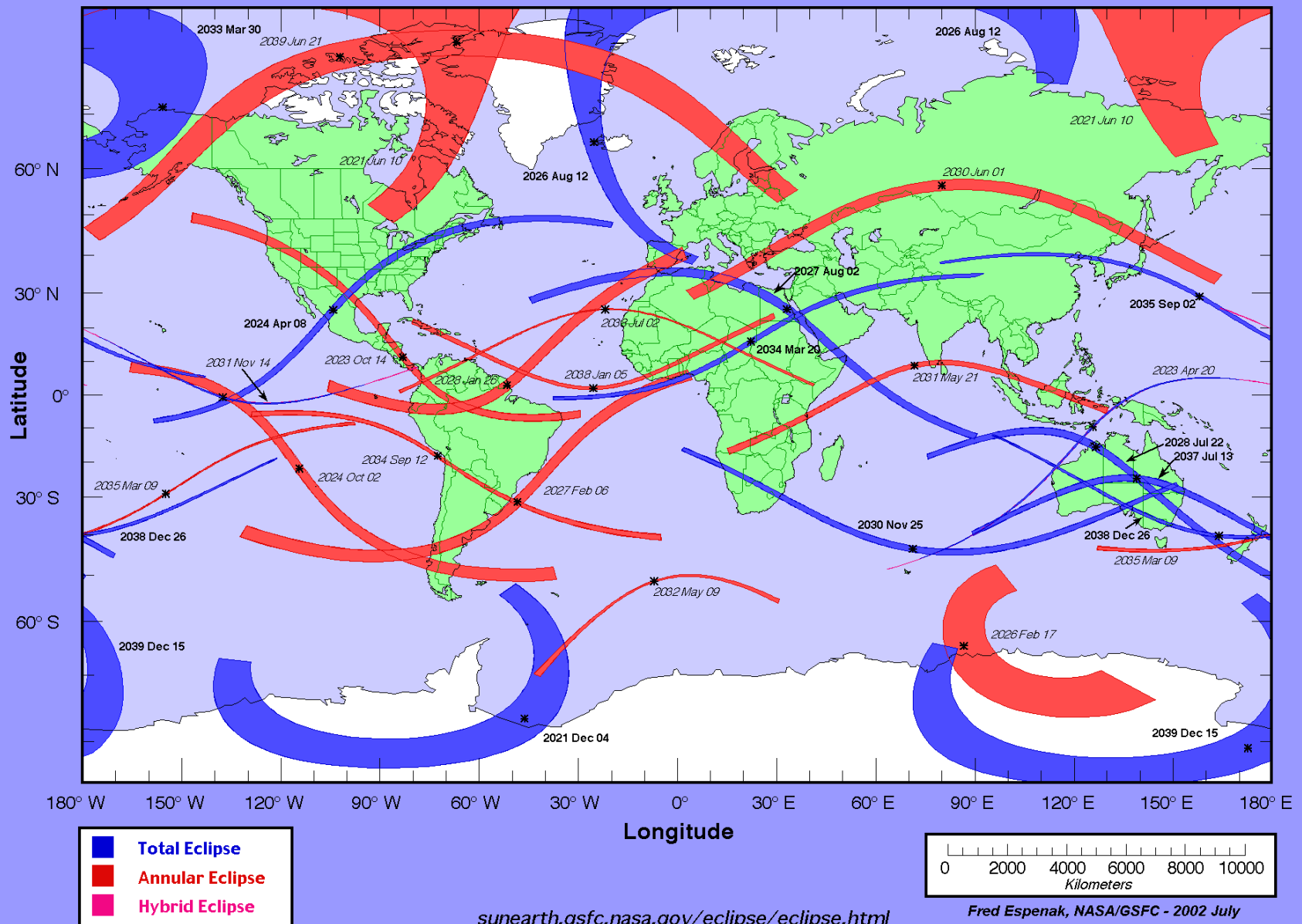


# Fotografias de um eclipse total do Sol: 11/07/1991, México



# Próximos eclipses do Sol: 2021-2040

## Total and Annular Solar Eclipse Paths: 2021 — 2040



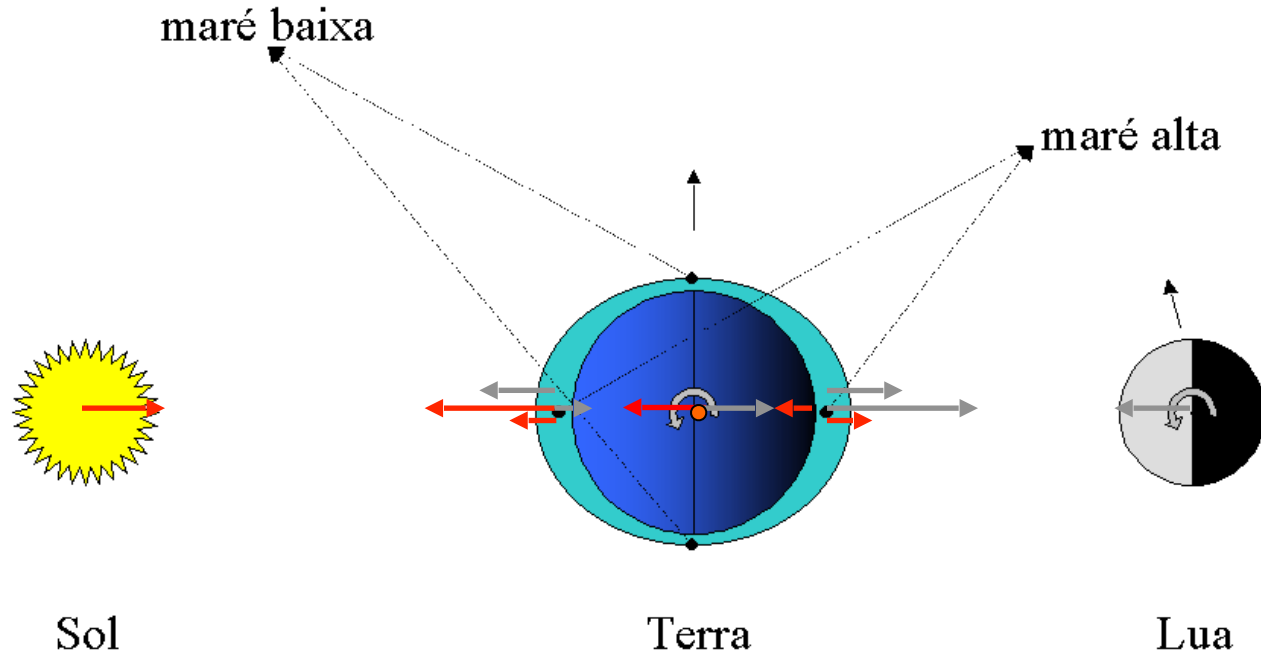
## Solar Eclipses: 2021 - 2030

Calendar Date <i>(Link to Global Map)</i>	TD of Greatest Eclipse <i>(Link to Animation)</i>	Eclipse Type <i>(Link to Google Map)</i>	Saros Series <i>(Link to Saros)</i>	Eclipse Magnitude	Central Duration <i>(Link to Path Table)</i>	Geographic Region of Eclipse Visibility
<a href="#">2021 Jun 10</a>	<a href="#">10:43:06</a>	<a href="#">Annular</a>	<a href="#">147</a>	0.943	<a href="#">03m51s</a>	n N. America, Europe, Asia <b>[Annular: n Canada, Greenland, Russia]</b>
<a href="#">2021 Dec 04</a>	<a href="#">07:34:38</a>	<a href="#">Total</a>	<a href="#">152</a>	1.037	<a href="#">01m54s</a>	Antarctica, S. Africa, s Atlantic <b>[Total: Antarctica]</b>
<a href="#">2022 Apr 30</a>	<a href="#">20:42:36</a>	<a href="#">Partial</a>	<a href="#">119</a>	0.640	-	se Pacific, s S. America
<a href="#">2022 Oct 25</a>	<a href="#">11:01:19</a>	<a href="#">Partial</a>	<a href="#">124</a>	0.862	-	Europe, ne Africa, Mid East, w Asia
<a href="#">2023 Apr 20</a>	<a href="#">04:17:55</a>	<a href="#">Hybrid</a>	<a href="#">129</a>	1.013	<a href="#">01m16s</a>	se Asia, E. Indies, Australia, Philippines. N.Z. <b>[Hybrid: Indonesia, Australia, Papua New Guinea]</b>
<a href="#">2023 Oct 14</a>	<a href="#">18:00:40</a>	<a href="#">Annular</a>	<a href="#">134</a>	0.952	<a href="#">05m17s</a>	N. America, C. America, S. America <b>[Annular: w US, C. America, Colombia, Brazil]</b>
<a href="#">2024 Apr 08</a>	<a href="#">18:18:29</a>	<a href="#">Total</a>	<a href="#">139</a>	1.057	<a href="#">04m28s</a>	N. America, C. America <b>[Total: Mexico, c US, e Canada]</b>
<a href="#">2024 Oct 02</a>	<a href="#">18:46:13</a>	<a href="#">Annular</a>	<a href="#">144</a>	0.933	<a href="#">07m25s</a>	Pacific, s S. America <b>[Annular: s Chile, s Argentina]</b>

# MARÉS DOS OCEANOS

(ilustração fora de escala)

$$F_{1-2} = G.m_1.m_2/d^2$$

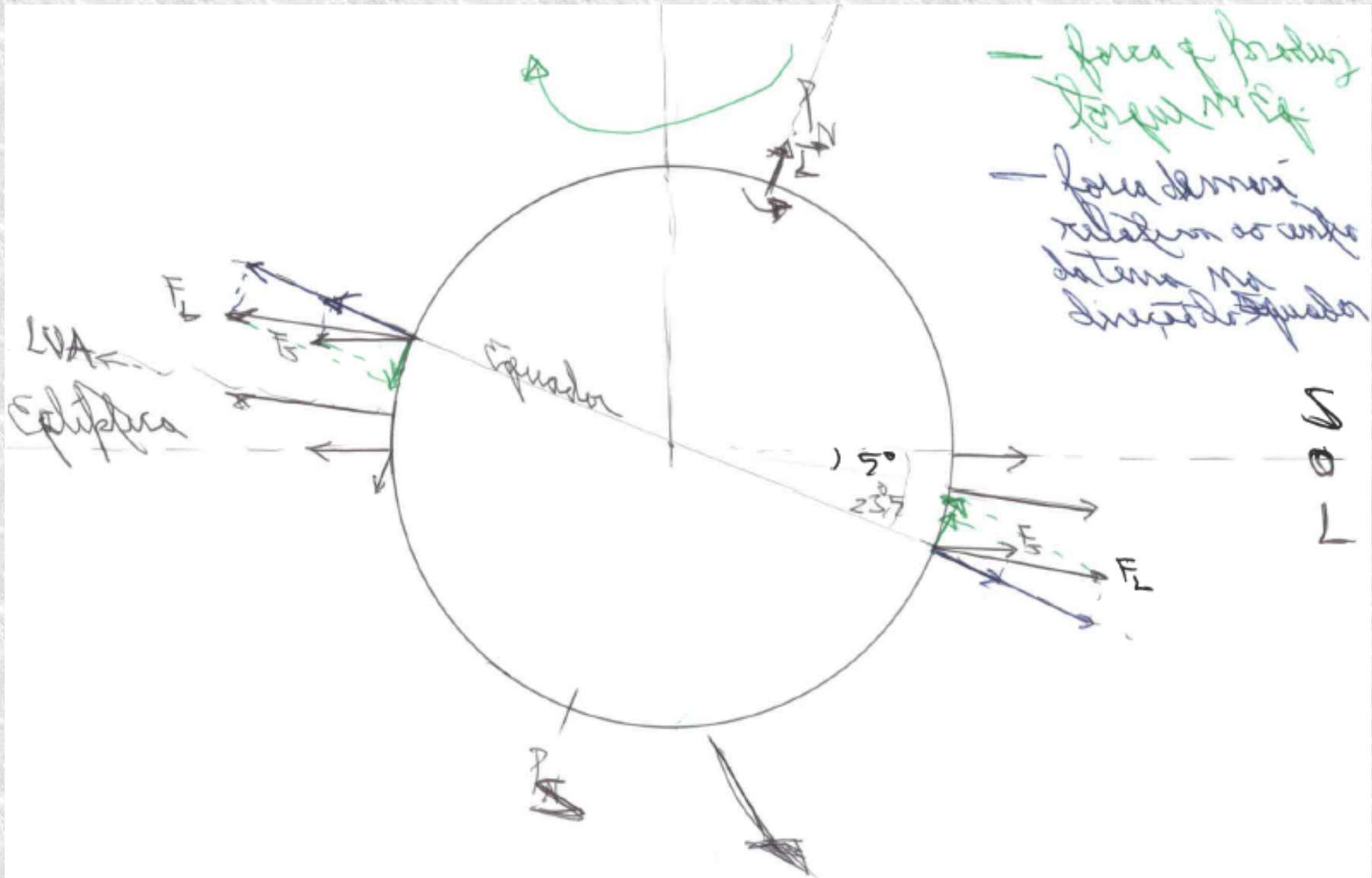


Forças diferenciais de maré (relativa ao C.M.)

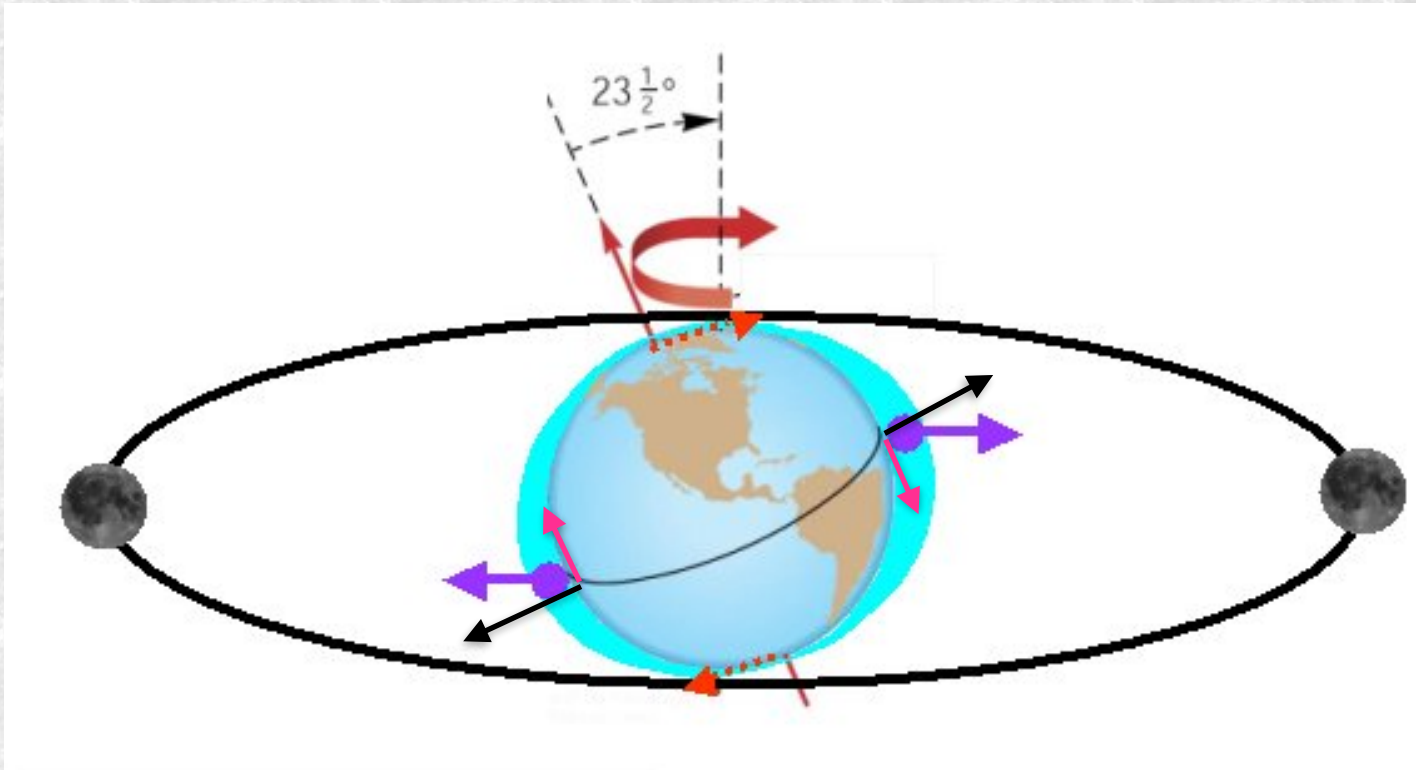
$$\Delta F_o \approx M_o \cdot R_{\oplus} / d^3$$

$$\Delta F_L / \Delta F_{\odot} \approx (M_L / M_{\odot}) \cdot (d_{\odot} / d_L)^3 \approx 2,2$$

# Forças de maré da Lua e Sol sobre a Terra



**Consequência das forças de marés (da Lua) na Terra:**  
**precessão do eixo de rotação terrestre,**  
**aumento do dia, e**  
**afastamento da Lua**  
(ilustração fora de escala)

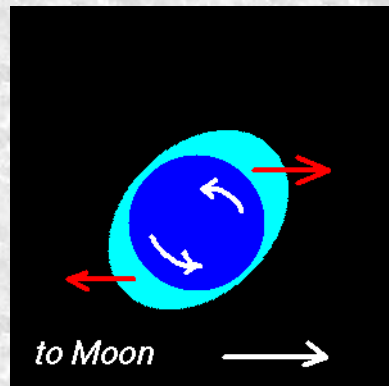


# Efeitos das Marés

O atrito das águas com o fundo dos oceanos causa desaceleração da rotação da Terra: há 400 milhões de anos o dia tinha 22 horas.

Fez com que a Lua passasse a apontar a mesma face para a Terra: rotação síncrona.

A Lua se afasta da Terra cerca de 3 cm por ano.



# Eclipses da Lua e Sol & marés dos oceanos

- **O que são eclipses da Lua?**

- Ocorrem quando se tem Sol–Terra–Lua “alinhados” nesta ordem, tal que a Terra eclipsa total ou parcialmente a Lua Cheia (Lua atravessa a sombra da Terra).
- Basta ter a Lua no céu pra ser visualizado. São fenômenos de observação simultânea a partir de diferentes locais.

- **O que são eclipses do Sol?**

- Ocorrem quando se tem Sol–Lua–Terra “alinhados” nesta ordem, tal que a Lua eclipsa o Sol total ou parcialmente (Lua projeta sombra na Terra).
- Eclipses solares acontecem com maior frequência do que os eclipses da Lua, mas são vistos em número menor a partir de um dado local. São fenômenos de observação não-simultânea (a sombra da Lua percorre a superfície terrestre ocultando o Sol em instantes continuamente distintos).

- **Qual é a causa das marés dos oceanos?**

- Atração gravitacional mútua da Lua e Sol. A atração diferencial de cada astro sobre partes opostas da Terra faz “escorrer” os oceanos na direção astro–Terra.

# Astronomia no dia a dia: síntese - aula 2

## • Constelações astronômicas

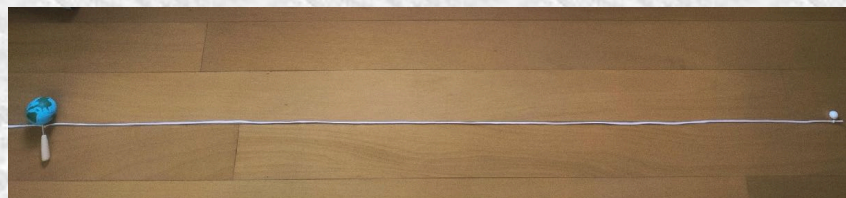
- concebidas para marcar a passagem das estações do ano ‘solar’ por diferentes sociedades (calendário)
- mera projeção de direção de estrelas/Via-Láctea na Esfera Celeste
- **88 constelações (IAU)**: 48 clássicas e 40 modernas  $\longleftrightarrow$  mapeamento completo do céu

## • Coordenadas celestes

- direção dos astros na Esfera Celeste  $\longleftrightarrow$  Astronomia Fundamental (sistemas de coordenadas)  $\longleftrightarrow$  observação com instrumentos em solo, satélites e sondas espaciais
- mudança de direção dos astros  $\longleftrightarrow$  Mecânica Celeste & Dinâmica: planetas, satélites, asteróides, cometas, estrelas, grupos/aglom. de estrelas, galáxias, etc.
- **Coordenadas Horizontais Locais e Coordenadas Equatoriais**

## • Sistema Terra-Lua + ilumin(ação) do Sol

- **fases da Lua**  $\longleftrightarrow$  **translação da Lua (lunação)**
- face oculta da Lua  $\longleftrightarrow$  sincronia entre rotação e translação da Lua
- **eclipses da Lua**  $\longleftrightarrow$  **translação da Lua sob uma órbita inclinada + precessão orbital**
- **eclipses do Sol**  $\longleftrightarrow$  **idem + coincidência entre os tamanhos aparentes da Lua e Sol**
- **marés dos oceanos**: força gravitacional diferencial sobre um corpo em rotação
- *Gravitação + formação/evolução explicam a dinâmica atual do sistema*





MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

# ASTRONOMIA NO DIA A DIA

**XXI Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica**  
**CIAA 2021 ON-LINE**



***Dr. André Milone***

Divisão de Astrofísica (DIAST)

[andre.milone@inpe.br](mailto:andre.milone@inpe.br)

André Milone (Jeri, 87)

# Astronomia no dia a dia

Dr. André Milone (Astrofísica, INPE)  
perguntas no Slack CIAA2021...



## O CÉU

Música no YouTube:

<https://www.youtube.com/watch?v=qqNtOWals0M>

O céu vai tão longe está perto  
o céu fica em cima do teto  
o céu tem as quatro estações  
escurece de noite, amanhece com o sol

O céu serve a todos  
o céu ninguém pode pegar  
o céu cobre a terra e a lua  
entra dentro do quarto, rua do avião

Dentro do universo mora o céu

O céu pára-quedas e saltos  
o céu vai do chão para o alto  
o céu sem começo nem fim  
para sempre serei seu fã

*Olhai pro céu, olhai pro chão*

**Nando Reis e Marisa Monte**

**('Verde anil amarelo cor de rosa e carvão', 1994)**

André Milone (Jeri, 87)