

FUNDAMENTOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA

Semana 7
Aulas 17 a 20

O Sol e o Sistema Solar

Prof. Renato Pugliese
renatopugliese.wordpress.com

IFSP/Pirituba
2017

I. Dados básicos

Fig. 1: O Sol no equinócio de primavera ou outono



2016 September 22
Sunset at Edmontenhenge
Image Credit & Copyright: Luca Vanzella

Explanation: On September 18, the setting Sun illuminated both sides of the steep brick and steel canyon otherwise known as Jasper Avenue in downtown Edmonton, Alberta, Canada, planet Earth. The **Stonehenge-like** alignment is captured from the middle of the road in **this daring snapshot**. In Edmonton streets are laid out on a grid almost oriented along the cardinal directions, so aligned Edmonton sunsets (and sunrises) occur along the nearly east-west streets twice a year, close to the Equinox. In fact, at today's Equinox, the Sun crosses the **celestial equator** at 1421 UT and on this day the Sun will rise due east and set due west, bringing approximately equal hours of day and night to denizens of planet Earth. **The September Equinox** marks **the astronomical beginning** of Fall in the north and spring in the southern hemisphere.

I. Dados básicos

Sol: estrela mais próxima da Terra.

Distância da Terra:

1 U.A. = $149.597.870 \pm 2$ km

Como medir: triangulação com planetas próximos (ou uso de radar/ecos) e uso da terceira Lei de Kepler.

Massa:

1 $M_S = (1,9891 \pm 0,0012) \cdot 10^{27}$ ton.

Como medir: via U.A. e terceira Lei de Kepler.

Há perda de $1 \cdot 10^6$ ton de massa por segundo na forma de vento solar.

1 $M_S = 99,866\% \cdot M(\text{Sistema Solar})$

Raio:

Diâmetro angular visto da Terra: $32,0 \pm 0,1'$

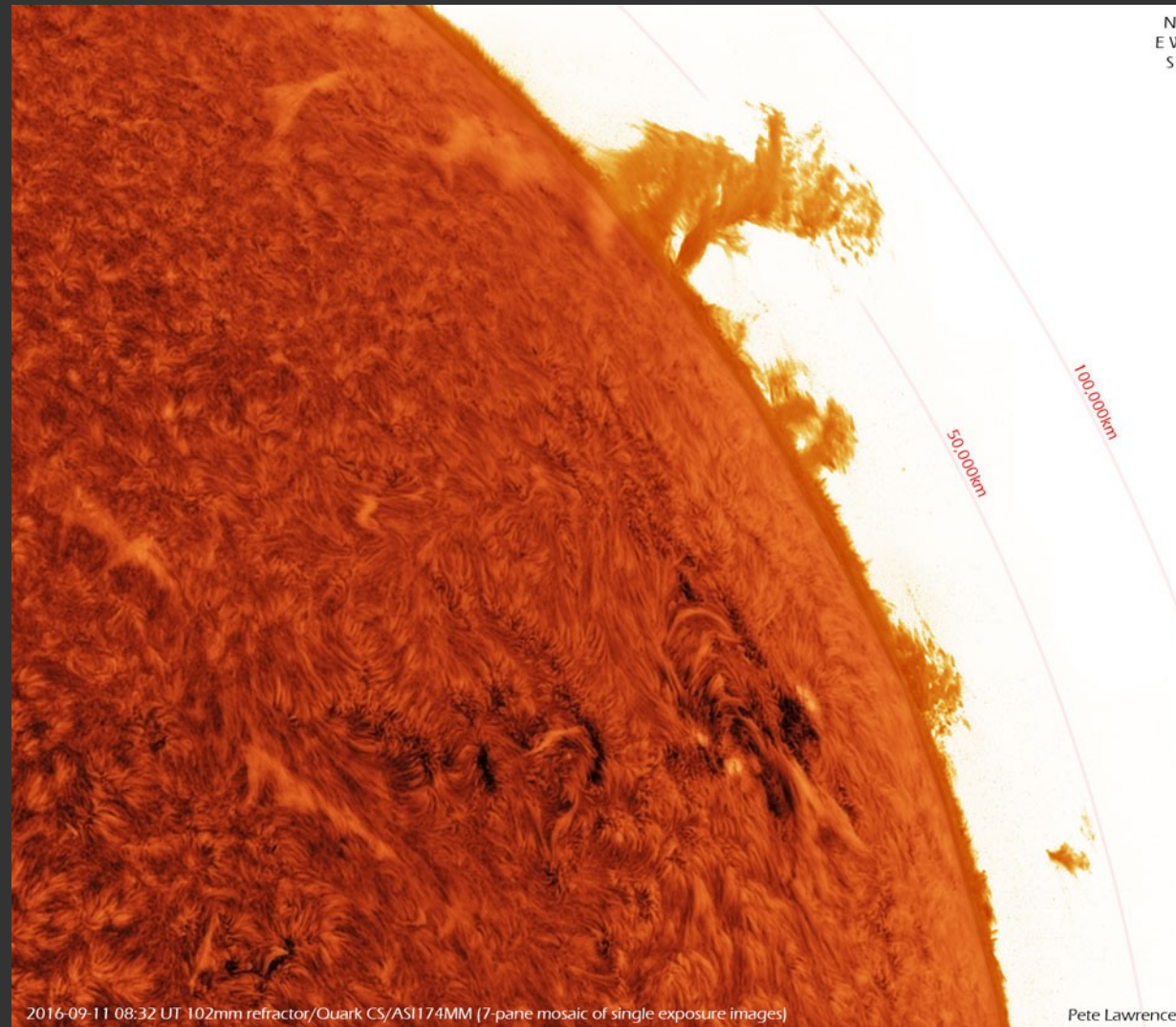
$R_S = 696.260,00 \pm 0,07$ km

Densidade: $d = 1,408$ g/cm³

$g_S = 274$ m/s²

I. Dados básicos

Fig. 2: 50000 km para além do Sol



2016 September 19

50,000 Kilometers over the Sun

Image Credit & Copyright: [Pete Lawrence](#)

Explanation: What's happening at the edge of the Sun? Although it may look like a **monster is rampaging**, what is pictured is actually only a monster prominence -- a sheath of thin gas held above the surface by the **Sun's magnetic field**. The solar event was captured just this past weekend with a small telescope, with the resulting image then **inverted** and **false-colored**. As indicated with illustrative lines, the **prominence** rises over 50,000 kilometers above the **Sun's surface**, making even our 12,700-diameter **Earth** seem **small by comparison**. Below the **monster prominence** is **active region 12585**, while light colored filaments can be seen hovering over a flowing **solar carpet** of fibrils. Filaments are actually prominences seen against the disk of the Sun, while similarly, fibrils are actually **spicules** seen against the disk. Energetic events like this are becoming less common as the Sun evolves toward a minimum in its **11-year activity cycle**.

I. Dados básicos

Luminosidade:

Energia liberada: radiação eletromagnética (fótons), partículas (vento solar e raios cósmicos solares), campo magnético e neutrinos. Maior quantidade como luz visível e infravermelho.

$$L_S = (3,845 \pm 0,006) \cdot 10^{23} \text{ kW.}$$

Constante solar:

$$Q = 1,367 \pm 2 \text{ W/m}^2$$

Medida acima da atmosfera terrestre devido às absorções de algumas ondas pelos gases atmosféricos.

Não é constante, apesar do nome, varia com o tempo.

Temperatura:

$$T = 5777,0 \pm 2,5 \text{ K}$$

Medição para luz branca na superfície do Sol a partir da luminosidade e do raio.

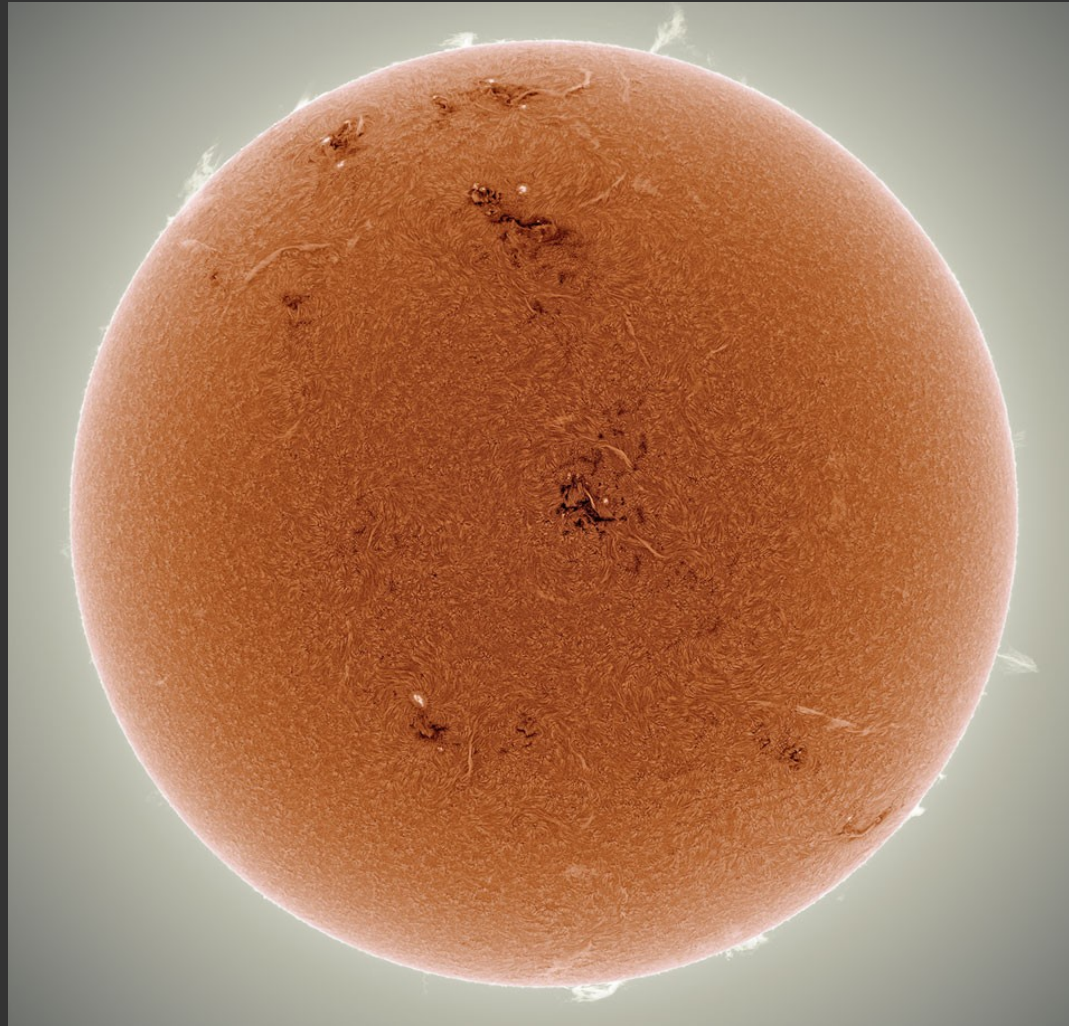
Rotação:

Muito lenta, diferencial, sendo maior no equador solar (24,7 dias) e menor nos polos.

Momento angular: $L_s = (1/200) \cdot L(\text{planetas})$

I. Datos básicos

Fig. 3: Faiscante
Sol alaranjado



2014 May 6

Orange Sun Sparking

Image Credit & Copyright: [Alan Friedman \(Averted Imagination\)](#)

Explanation: Our Sun has become quite a busy place. Taken only two weeks ago, the [Sun was captured](#) sporting numerous tumultuous regions including active sunspot regions [AR 2036](#) near the image top and [AR 2038](#) near the center. Only [four years ago](#) the Sun was emerging from an [unusually quiet Solar Minimum](#) that had lasted for years. The [above image](#) was recorded in a [single color](#) of light called [Hydrogen Alpha](#), inverted, and false colored. [Spicules](#) cover much of the Sun's face like a carpet. The gradual brightening towards the Sun's edges is caused by increased absorption of relatively cool solar gas and called [limb darkening](#). Just over the Sun's edges, several filamentary [prominences](#) protrude, while prominences on the Sun's face are seen as light streaks. Possibly the most visually interesting of all are the magnetically tangled active regions containing relatively cool sunspots, seen as white dots. Currently at [Solar Maximum](#) -- the most active phase in its 11-year magnetic cycle, the Sun's twisted magnetic field is creating numerous solar "[sparks](#)" which include [eruptive solar prominences](#), [coronal mass ejections](#), and [flares](#) which emit clouds of particles that may impact the Earth and cause [auroras](#). One flare two years ago [released such a torrent](#) of charged particles [into the Solar System](#) that it might have disrupted satellites and compromised power grids had it [struck planet Earth](#).

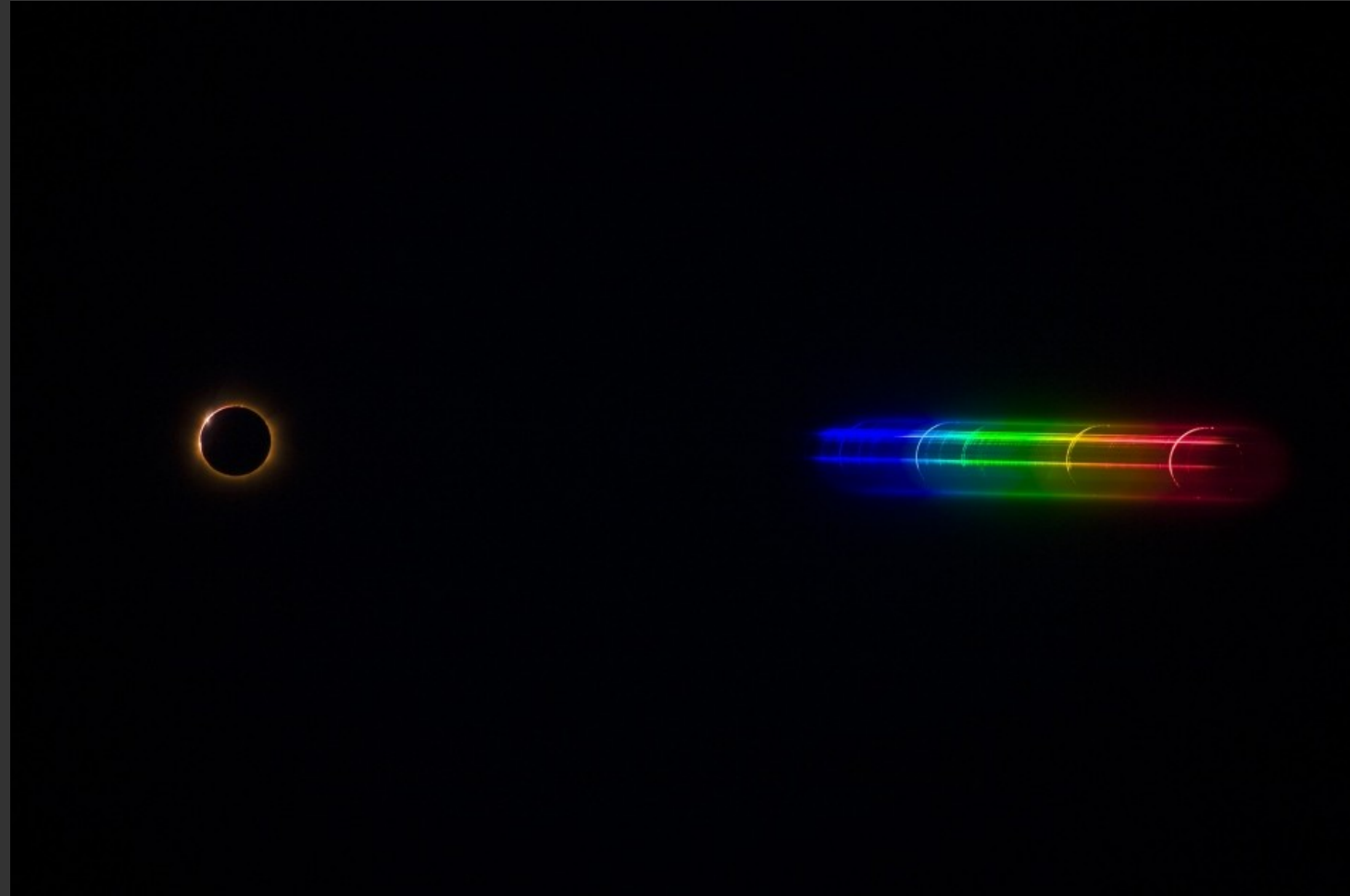
II. Estrutura interna do Sol

Teoria da evolução e estrutura estelar:
responsável por muitos dos dados a seguir (ver cap. 7).

Origem em nuvem de gás e poeira.

Composição química
(proporção): H = 73%;
He = 24,5%; Outros = 2,5%.

Fig. 4: O ligeiro espectro solar



2013 November 15

The Flash Spectrum of the Sun

Image Credit & Copyright: Constantine Emmanouilidi

Explanation: In a flash, the **visible spectrum of the Sun** changed from **absorption to emission** on November 3rd, during the brief total phase of a solar eclipse. **That fleeting moment** is captured by telephoto lens and diffraction grating in this well-timed image from clearing skies over Gabon in equatorial Africa. With overwhelming light from the Sun's disk blocked by the Moon, the normally dominant absorption spectrum of the solar photosphere is hidden. What remains, spread by the **diffraction** grating into the spectrum of colors to the right of the eclipsed Sun, are individual eclipse images at each wavelength of light emitted by atoms along the thin arc of **the solar chromosphere**. The brightest images, or strongest **chromospheric emission lines**, are due to Hydrogen atoms that produce the red hydrogen alpha emission at the far right and blue hydrogen beta emission to the left. In between, the bright yellow emission image is caused by atoms of Helium, an element **only first discovered** in the **flash spectrum of the Sun**.

II. Estrutura interna do Sol

Reações nucleares na região central
Região central, $(3/10).R_s$

$4H \rightarrow He + \text{energia} + \text{neutrinos}$

$E = mc^2$ (energia liberada pela redução de massa, da ordem de $4,7 \cdot 10^6$ ton/s).

$T(\text{núcleo}) = 15 \cdot 10^6$ K

$d(\text{núcleo}) = 150$ g/cm³

Camada radiativa

Radiação produzida no núcleo é em parte absorvida, em parte refletida e em parte refratada, sendo que o fluxo radiativo é maior de dentro para fora (convecção).

Envelope convectivo

Bolhas de matéria em movimento de circulação (dentro para fora), irradiam próximas da superfície e retornam para dentro.

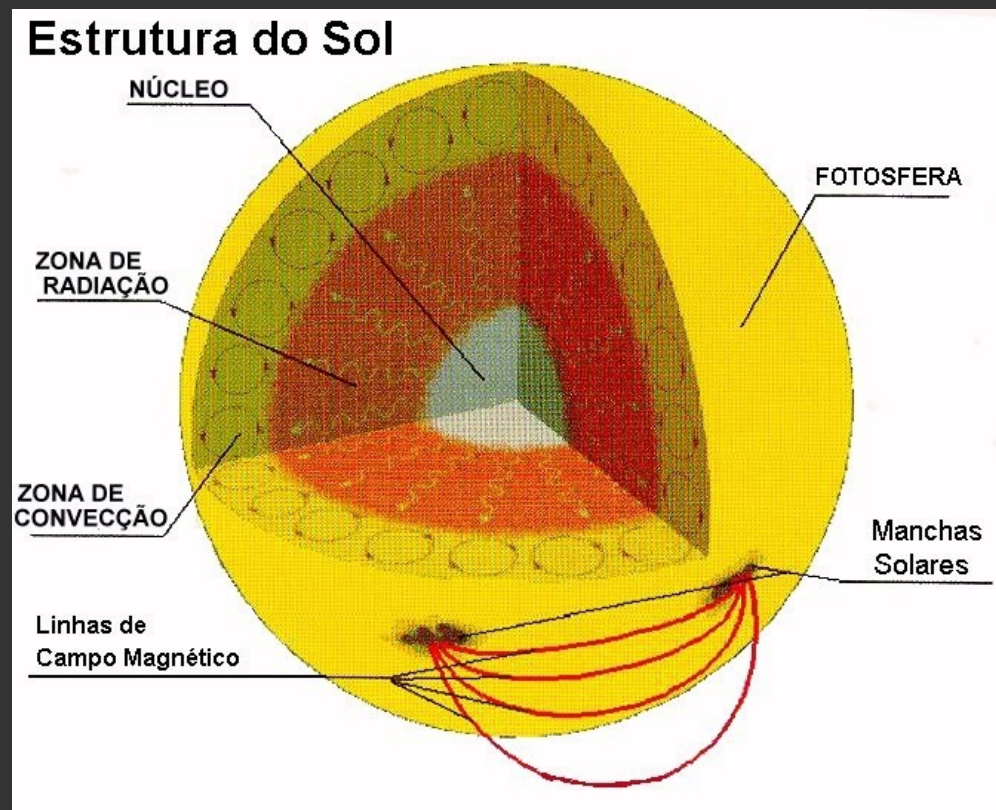


Fig. 5: <http://www.cdcc.usp.br/cda/producao/sbpc94/>

III. Atmosfera do Sol

Fotosfera

Camada (com cerca de 400 km de espessura, ou seja, $0,0006.R_s$) de onde escapam os fótons produzidos no Sol.

- Granulações solares: Formações variáveis (em média, com duração de 6 min) de circulação de convectiva. Têm diâmetros de 200 a 2 mil km.
- Obscurecimento do Limbo: Brilho máximo no centro do disco, caindo para 20% nos bordos, do ponto de vista de um observador na Terra.
- Linhas de Fraunhofer: 574 linhas espectrais observadas por Joseph von Fraunhofer (~1820).

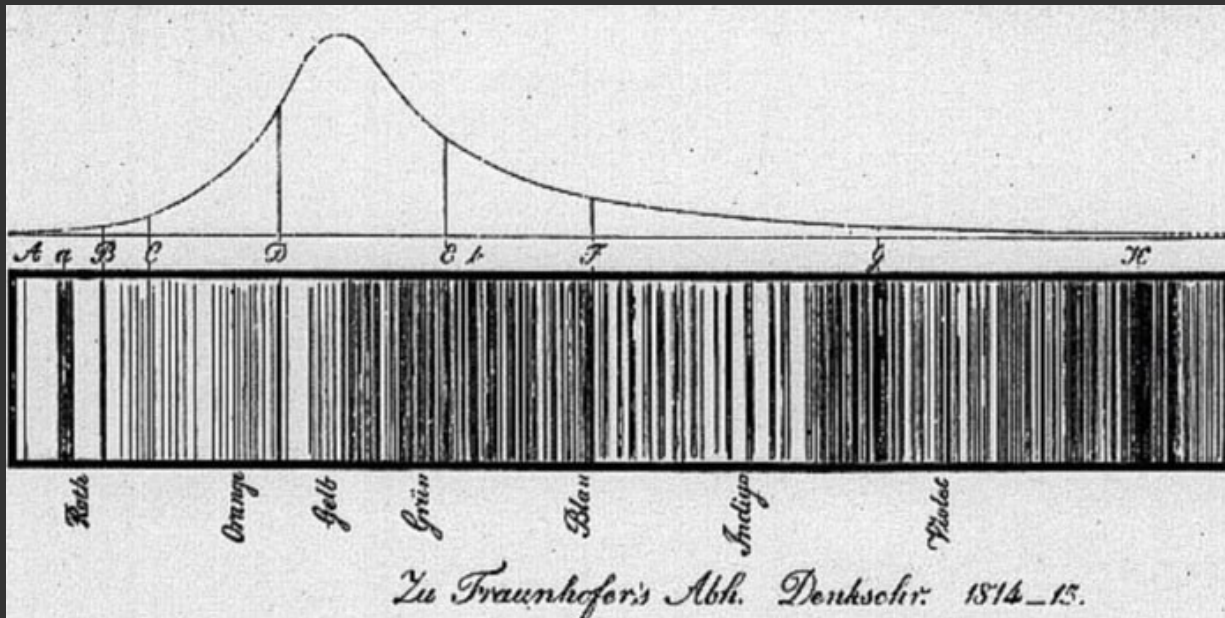


Fig. 7: <http://booktwo.org/notebook/fraunhofer-lines/>

III. Atmosfera do Sol

Cromosfera

Avermelhada, observável a olho nu em eclipses solares totais. Aquecida por ondas magnéticas do envelope convectivo. $T_{\text{máx}} = 25000 \text{ K}$.

Supergranulações são formadas pela atividade da cromosfera, formando espículos (estruturas escuras).

Fig. 8: Eclipse solar visto de Uganda



2013 November 8
Solar Eclipse from Uganda

Image Credit & Copyright: Jaime Vilanga - collaboration / Institut d'Astrophysique de Paris

Explanation: The Sun's disk was totally eclipsed for a brief 20 seconds as the Moon's dark umbral shadow raced across Pokwero in northwestern Uganda on November 3rd. So this sharp telescopic view of totality in clear skies from the central African locale was much sought after by eclipse watchers. In the inspiring celestial scene the Moon just covers the overwhelmingly bright photosphere, the lower, normally visible layer of the Sun's atmosphere. Extending beyond the photosphere, the reddish hydrogen alpha glow of the solar chromosphere outlines the lunar silhouette, fading into the Sun's tenuous, hot, outer atmosphere or corona. Planet-sized prominences reaching beyond the limb of the active Sun adorn the edges of the silhouette, including a cloud of glowing plasma separated from the chromosphere near the 1 o'clock position.

III. Atmosfera do Sol

Região de transição Cromosfera-Coroa

Região de aumento de temperatura (de 25000 K para $2 \cdot 10^6$ K), estudada por ondas de rádio e ultravioleta.

Coroa

Camada mais externa do Sol, possui espessura estimada de vários raios solares.

Formada basicamente por plasma resultante da ionização do hidrogênio e de outros átomos. Encontra-se ferro altamente ionizado, por exemplo (Fe^{+13}), o que direciona ao aquecimento intenso devido ao magnetismo.

- Coroa K: luz por elétrons livres.
- Coroa E: luz por átomos altamente ionizados.
- Coroa F: luz refletida por grãos/poeira distantes pelo menos $4.R_s$ do Sol.

III. Atmosfera do Sol

Fig. 9: Um eclipse solar total no fim do mundo



2015 March 15

A Total Eclipse at the End of the World

Image Credit & Copyright: [Fred Bruenjes \(moonglow.net\)](http://moonglow.net)

Explanation: Would you go to the end of the world to see a total eclipse of the Sun? If you did, would you be surprised to find someone else **there already**? In 2003, the **Sun**, the Moon, Antarctica, and two photographers all lined up in **Antarctica** during an unusual **total solar eclipse**. Even given the extreme location, a group of **enthusiastic eclipse chasers** ventured near the bottom of the world to **experience the surreal** momentary disappearance of the **Sun behind the Moon**. One of the treasures collected was the **above picture** -- a composite of four separate images digitally combined to realistically simulate how the adaptive human **eye saw** the eclipse. As the image was taken, both the **Moon and the Sun** peeked together over an Antarctic ridge. In the **sudden darkness**, the **magnificent corona** of the Sun became visible around the Moon. Quite by accident, another photographer was caught in one of the images checking his video camera. Visible to his left are an equipment bag and a **collapsible chair**. A total solar eclipse will **occur on Friday** and be visible from the north Atlantic Ocean.

III. Atmosfera do Sol

Vento solar

Suposto por Biermann (~1950) a partir da análise das caudas de cometas e confirmado pela sonda Mariner 2 (1962).

Formado por elétrons, prótons (núcleos de H) e partículas alfa (núcleos de He), possui velocidade da ordem de 700 km/s, algo como gigantes condutores de eletricidade permeados por campos magnéticos.



Fig. 10: Cauda do cometa Catalina

2016 January 1

Comet Catalina Tails

Image Credit & Copyright: José J. Chambó

Explanation: A new year's treat for binoculars, as 2016 begins Comet Catalina (C/2013 US10) now sweeps through planet Earth's predawn skies near bright Arcturus, alpha star of Bootes. But this telescopic mosaic from December 21 follows the pretty tails of the comet across a field of view as wide as 10 full moons. The smattering of distant galaxies and faint stars in the background are in the constellation Virgo. Trailing behind the comet's orbit, Catalina's dust tail fans out below and left in the frame. Its ion tail is angled toward the top right, away from the Sun and buffeted by the solar wind. On January 17, the outward bound visitor from the Oort Cloud will make its closest approach to Earth, a mere 110 million kilometers away, seen near bright stars along the handle of the Big Dipper.

IV. Atividade solar

Ciclo solar de 11 anos

Variação na formação/aparição de manchas solares, causadas provavelmente pela intensidade do campo magnético (50000 vezes maior do que o terrestre) em algumas regiões, alternando entre os polos norte e sul.

Ciclo de atividade solar (11,2 anos) e ciclo magnético (22,4 anos). Observado em 1844 pelo alemão Schwabe.

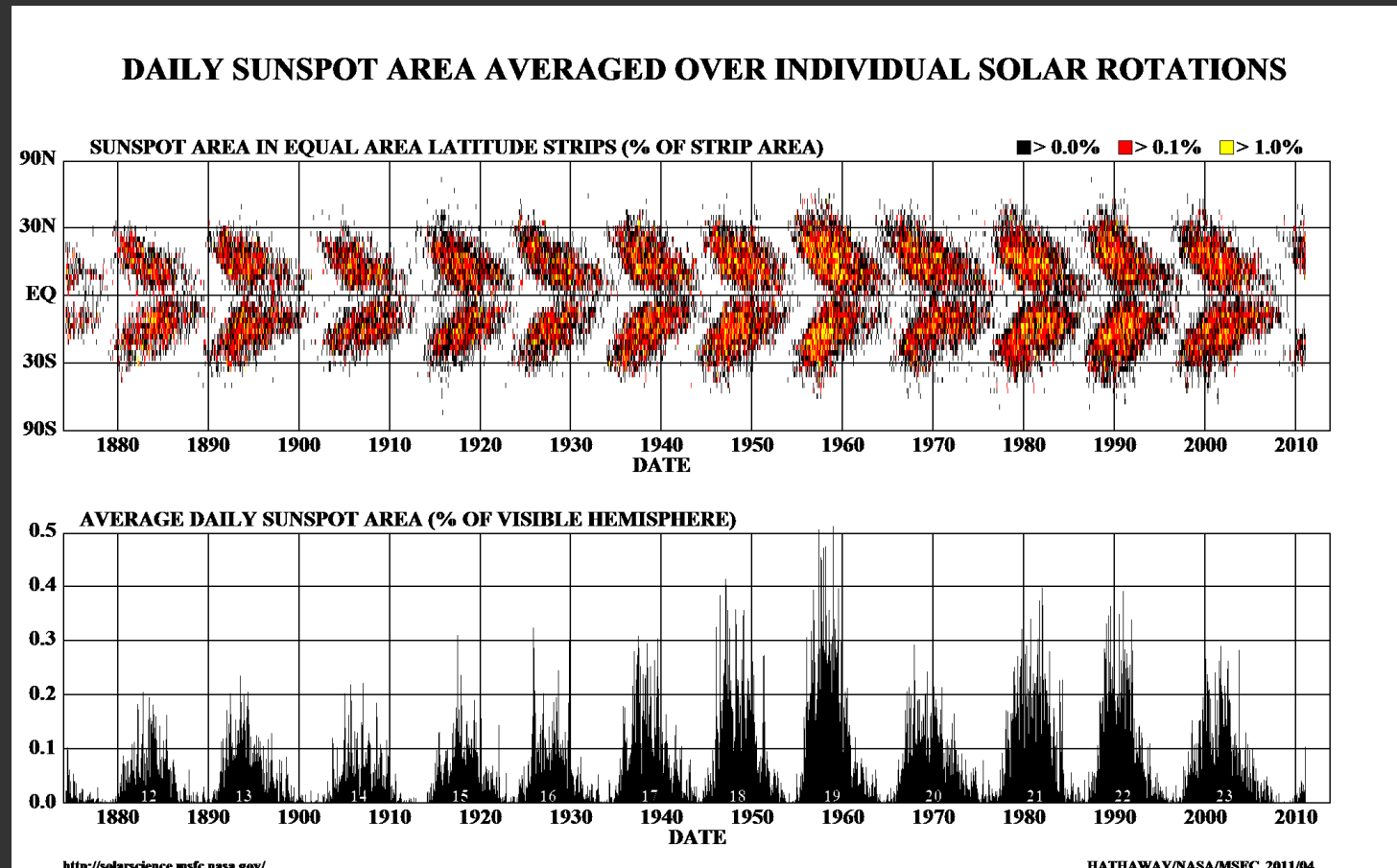


Fig. 11: <https://cbdakota.wordpress.com/2011/05/25/solar-cycle-24-and-the-sunspot-butterfly-diagram/>

IV. Atividade solar

Centros de atividade

Variações de temperatura e luminosidade em camadas altas da atmosfera solar.

Erupções solares

Emissões de partículas, aquecimento do gás e radiação liberada pelo excesso de magnetismo em alguma região.

Partículas carregadas eletricamente alcançando a Terra produzem tempestades magnéticas e auroras polares (boreal e austral).

Várias outras estrelas parecem ter atividade semelhante.

IV. Atividade solar

Fig. 12: Vulcão e Aurora na Islândia



2012 July 8

Volcano and Aurora in Iceland

Image Credit & Copyright: [Sigurdur H. Stefnisson](http://www.stefnisson.com)

www.stefnisson.com
© Sigurður Hrafn Stefnisson

Explanation: Sometimes both heaven and Earth erupt. In [Iceland](#) in 1991, the [volcano Hekla](#) erupted at the same time that [auroras](#) were [visible](#) overhead. [Hekla](#), one of the most [famous volcanoes](#) in the world, has [erupted](#) at least 20 times over the [past millennium](#), sometimes causing [great destruction](#). The [last eruption](#) occurred only twelve years ago but caused only minor [damage](#). The [green auroral band](#) occurred fortuitously about 100 kilometers above the erupting [lava](#). Is [Earth](#) the Solar System's only planet with both [auroras](#) and [volcanos](#)?

V. O Sistema Solar - Introdução

Sistema solar: raio de 5,5 h-luz (Sol-Plutão)

Distância média entre estrelas: 5 anos-luz.



Fig. 13:
Planetas
numa
manhã

2015 November 26
Planets of the Morning

Image Credit & Copyright: Yuri Beletsky (Carnegie Las Campanas Observatory, TWAN)

Explanation: Planet Earth's horizon stretches across this recent Solar System group portrait, seen from the southern hemisphere's Las Campanas Observatory. Taken before dawn it traces the ecliptic with a line-up familiar to November's early morning risers. Toward the east are bright planets Venus, Mars, and Jupiter as well as Regulus, alpha star of the constellation Leo. Of course the planets are immersed in the faint glow of zodiacal light, visible from the dark site rising at an angle from the horizon. Sometimes known as the false dawn, it's no accident the zodiacal light and planets both lie along the ecliptic. Formed in the flattened protoplanetary disk, the Solar System's planets all orbit near the ecliptic plane, while dust near the plane scatters sunlight, the source of the faint zodiacal glow.

VI. Os planetas

Massa total dos planetas: 0,134% do SS.

Tabela 6.1. Propriedades físicas mais relevantes dos planetas.

Planeta	M [ton]	R [km]	ρ [g cm ⁻³]	\mathcal{A}	P_s [d]	K
Mercúrio	$3,3 \times 10^{20}$	2 439	5,42	0,12	58,6	
Vênus	$4,87 \times 10^{21}$	6 052	5,25	0,76	243,0	
Terra	$5,98 \times 10^{21}$	6 378	5,52	0,36	1,00	0,331
Marte	$6,42 \times 10^{20}$	3 398	3,94	0,16	1,026	0,376
Júpiter	$1,90 \times 10^{24}$	71 900	1,31	0,73	0,410	0,264
Saturno	$5,69 \times 10^{23}$	60 330	0,69	0,76	0,426	0,207
Urano	$8,68 \times 10^{22}$	25 700	1,22	0,93	0,720	0,216
Netuno	$1,03 \times 10^{23}$	24 750	1,66	0,84	0,670	0,290
Plutão	$1,2 \times 10^{22}$	1 100	2,1	0,47	6,387	

Fig. 14: Tab. 6.1, p. 104.

VI. Os planetas

Estrutura interna

- Densidade média

Massa da Terra calculada via gravidade local e raio.

Planetas com satélites, massa via leis de Kepler e órbitas dos satélites.

Planetas sem satélites via perturbações em outras órbitas.

Jovianos: com densidade baixa (Júpiter, Saturno, Urano, Netuno), substâncias leves, gases.

Telúricos: com densidade alta (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte), rochas e metais.

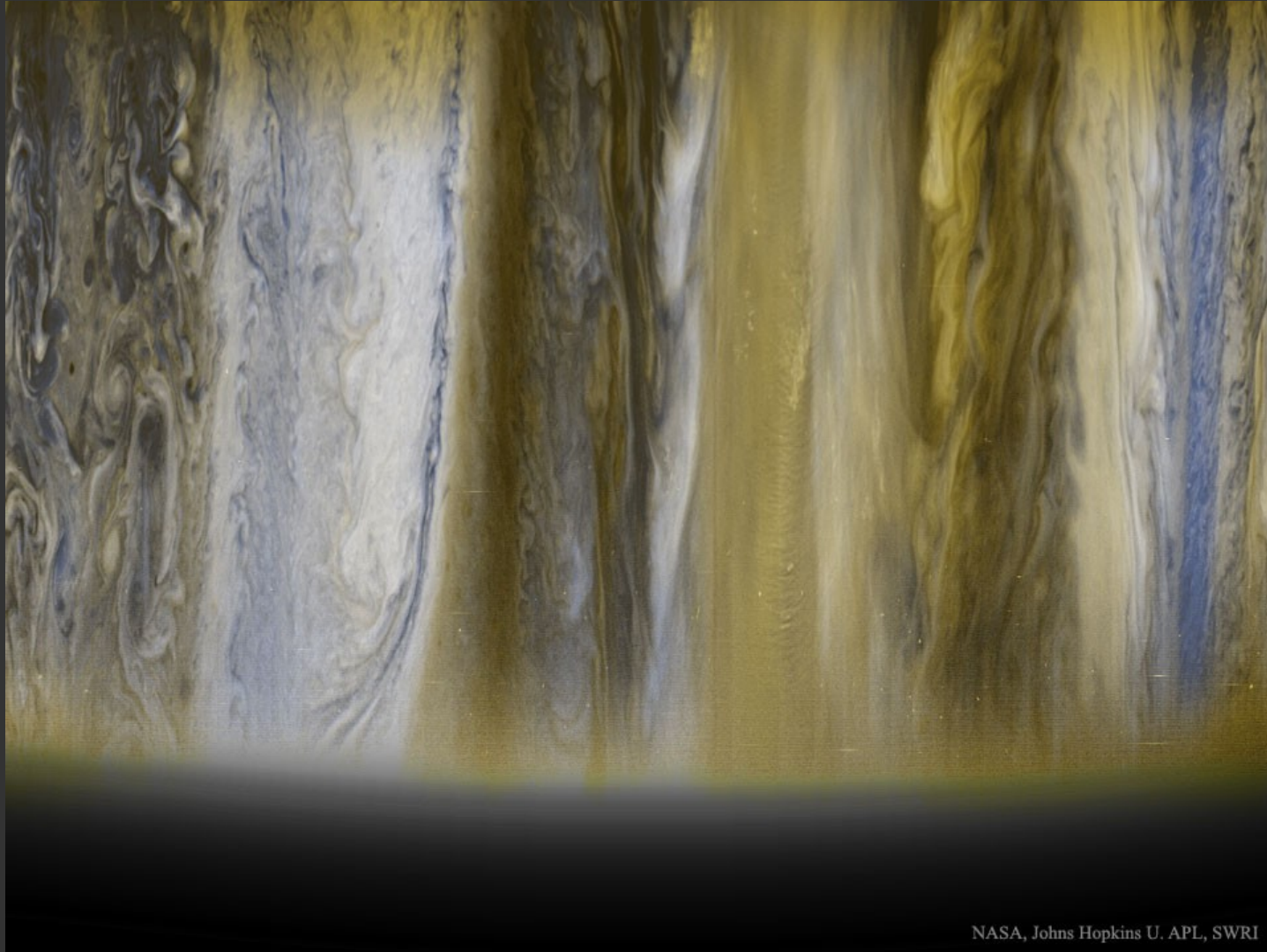
- Momento de inércia

Dificuldade oferecida para alterar rotação, comparativamente às esferas homogêneas, ocas ou outras.

Jovianos com maior densidade central, telúricos com densidade maior externa.

VI. Os planetas

Fig. 15:
Nuvens de
Júpiter pela
New Horizons



NASA, Johns Hopkins U. APL, SWRI

2016 June 26

Jupiter's Clouds from New Horizons

Image Credit: NASA, Johns Hopkins U. APL, SWRI

Explanation: The New Horizons spacecraft took some stunning images of Jupiter on its way out to Pluto. Famous for its **Great Red Spot**, Jupiter is also known for its regular, equatorial cloud bands, **visible** through even modest sized telescopes. The **featured image**, horizontally compressed, was taken in 2007 near Jupiter's **terminator** and shows the Jovian giant's wide diversity of **cloud patterns**. On the far left are clouds closest to Jupiter's South Pole. Here turbulent **whirlpools** and swirls are seen in a dark region, dubbed a belt, that rings the planet. Even light colored regions, called zones, show tremendous structure, complete with **complex wave patterns**. The energy that drives these waves surely comes from below. **New Horizons** is the **fastest space probe** ever launched, has **successfully complete its main flyby of Pluto** in 2015, and is now heading further out and on track to flyby **Kuiper belt** object **2014 MU69** in 2019. In the near term, many **space enthusiasts** excitedly await **Juno's arrival** at Jupiter next Monday.

VI. Os planetas

- Equilíbrio hidrostático

Conceito utilizado para explicar a estrutura esférica dos planetas.

A matéria, conforme a pressão sofrida pela atração gravitacional, se acomoda em estado gasoso, líquido ou sólido (geralmente na região nuclear).

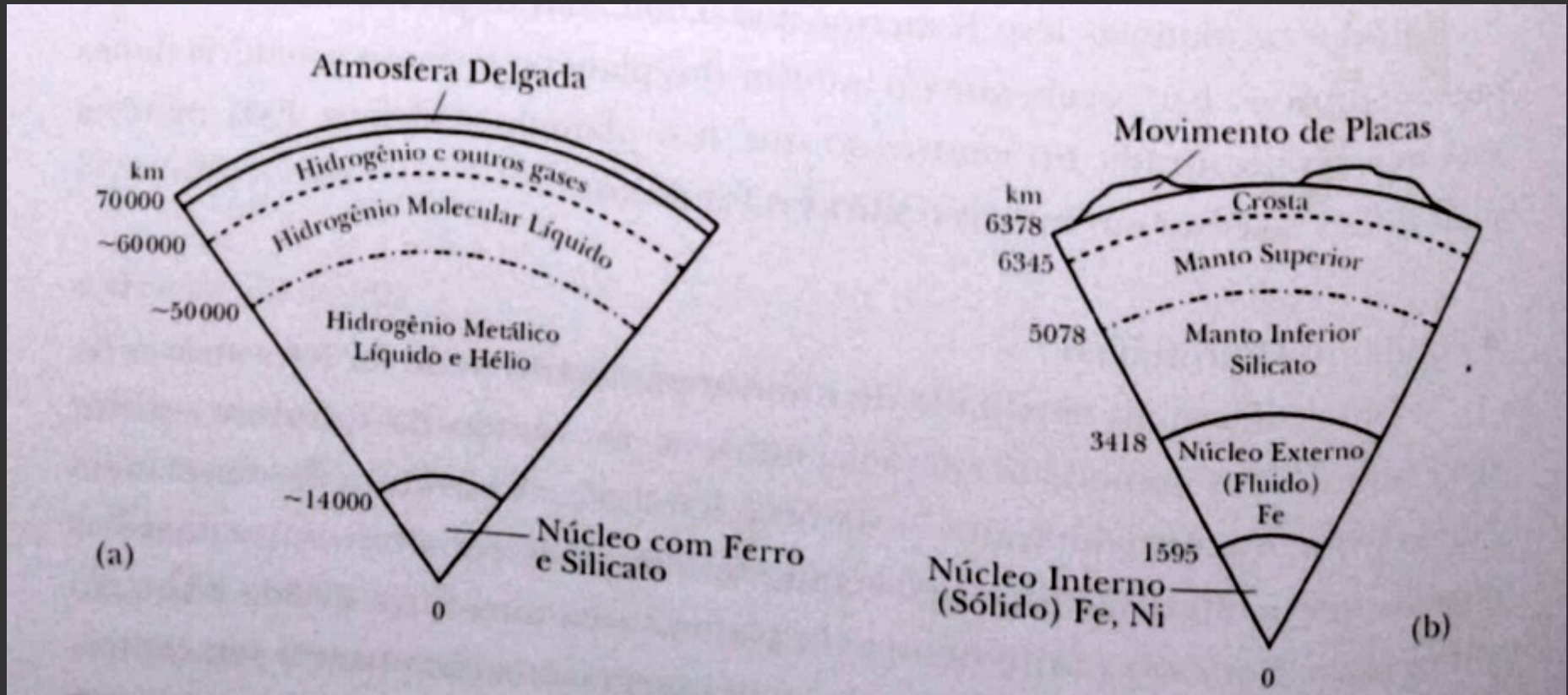


Fig. 16: fig. 6.1, p. 106.

VI. Os planetas

Superfície

Atmosferas densas refletem mais luz (albedo alto) e impedem a visualização da superfície.

Geralmente a crosta é formada pelo resfriamento de matéria recebida na superfície pelo movimento de convecção dos fluidos quentes e frios internamente.

Para além da formação dinâmica, a atividade geológica, as erosões e a formação de crateras por impactos de meteoroides influenciam a morfologia.

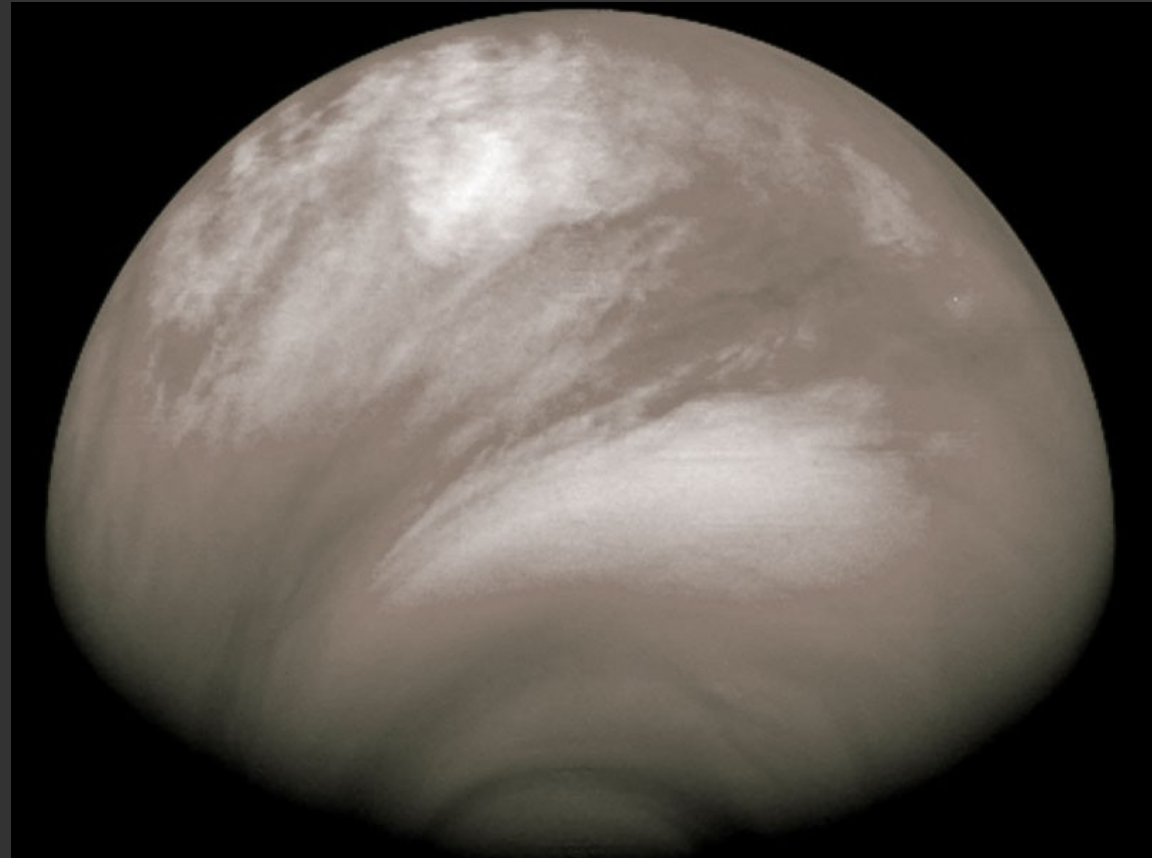


Fig. 17: Misteriosa névoa ácida em Vênus

2008 February 26

Mysterious Acid Haze on Venus

Credit: [ESA/MPS](#), [Katlenburg-Lindau](#), [Germany](#)

Explanation: Why did an acidic haze spread across Venus? The unusual clouds were discovered last July by [ESA's robotic Venus Express](#) spacecraft currently orbiting [Venus](#). The bright and smooth haze was found by Venus Express to be rich in [sulfuric acid](#), created when an unknown process lifted water vapor and [sulphur dioxide](#) from lower levels into [Venus' upper atmosphere](#). There, sunlight broke these molecules apart and some of them recombined into the [volatile sulfuric acid](#). Over the course of just a few days last July, the smooth acidic clouds spread from the [South Pole of Venus](#) across half the planet. The [above false-color picture](#) of Venus was taken last July 23rd in [ultraviolet light](#), and shows the unusual haze as relatively smooth regions across the image bottom. The cause of the [dark streaks](#) in the clouds is also not yet understood and is being researched.

VI. Os planetas

- Atividade geológica

Mais significativa na morfologia planetária nos jovianos, devido à menor influência do calor solar e sua composição.

Quanto maior o raio da esfera, mais lento é o resfriamento (ex.: Lua com menor atividade atual do que a Terra).

Outra questão importante é relativa às marés. Satélites próximos de planetas aumentam o achatamento da esfera, interferem na distribuição de massa sólida, líquida e gasosa. Se a aproximação ultrapassar o “limite de Roche”, o satélite deve se fragmentar.

VI. Os planetas

Fig. 18: Mares e montanhas na Lua.

2000 December 28
Moon Mare and Montes
Credit & Copyright: [Peter Armstrong](#)

Explanation: This **arresting** image of the third quarter moon in the excellent skies above the Pine Crest Farm Observatory, Dell Prairie, Wisconsin, was **recorded** with a 24 inch telescope and digital camera on October 19. **Marvelously detailed**, especially along the terminator or shadow line between lunar **night** and day, this cropped version of the full mosaicked image shows the cratered north polar region (top) and the broad smooth **Mare Imbrium**. Notable at **the northern edge** of the Mare Imbrium (Sea of Rains) is the 95 kilometer wide dark crater Plato, while the dramatic straight "cut" to the right of Plato, (toward the terminator) is the Vallis Alpes (Alpine Valley). The long, graceful arc **of the lunar** Montes Apenninus (Apennine Mountains) in the lower portion of the image sweeps southward along the boundary of the mare toward the left and ends near the bright **ray crater Copernicus** at the picture's edge. In 1971, **Apollo 15** landed near the gap beyond the opposite (northern) end of the Montes Apenninus arc.



VI. Os planetas

Fig. 19: Estrutura interna da Terra (Decifrando a Terra, p. 330).

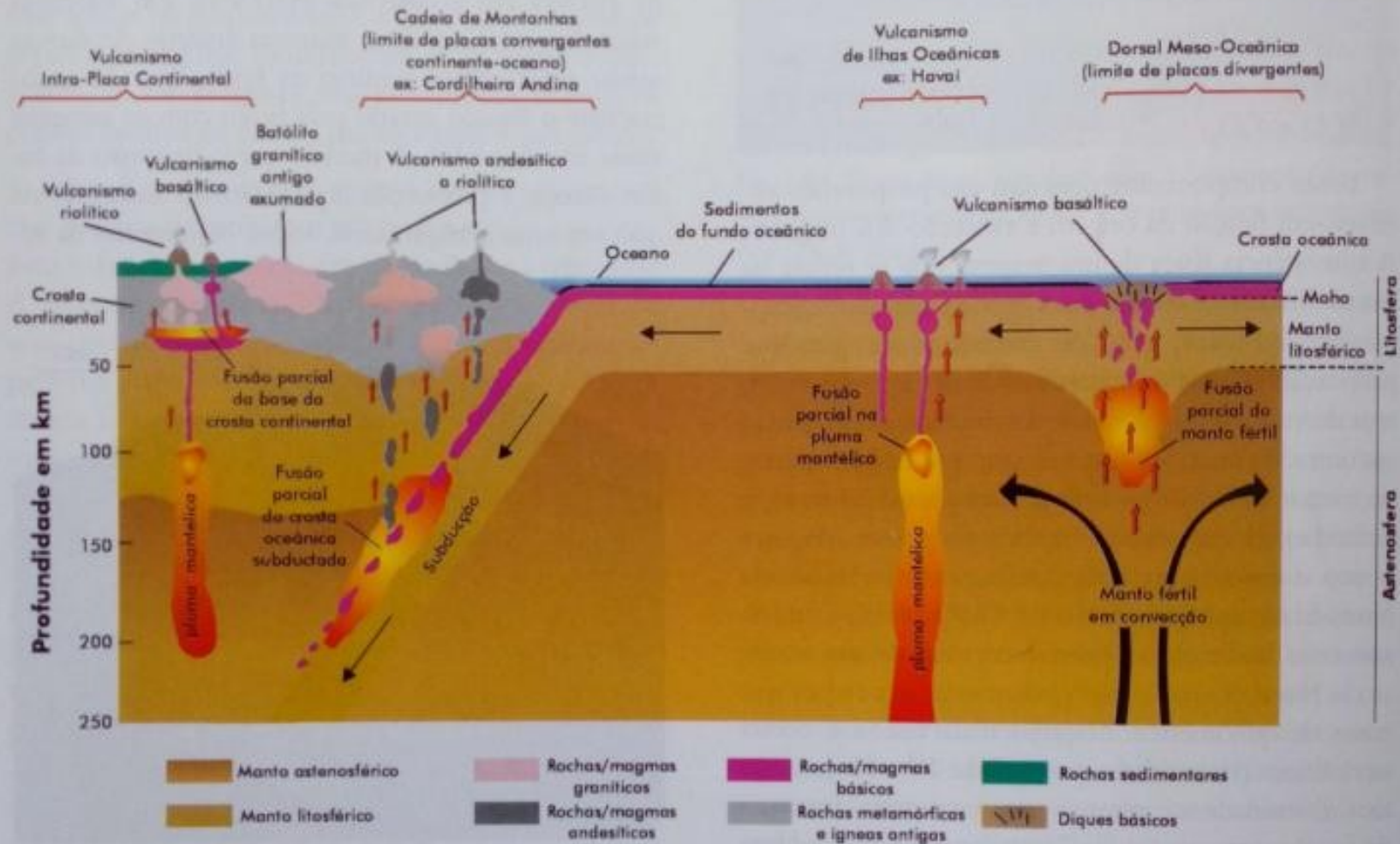


Fig. 16.4 Seção esquemática da crosta / manto (astenosfera / litosfera), indicando a localização dos sítios formadores de magmas no modelo de Tectônica de Placas.

VI. Os planetas

Fig. 20: Placas litosféricas (idem, p. 102).

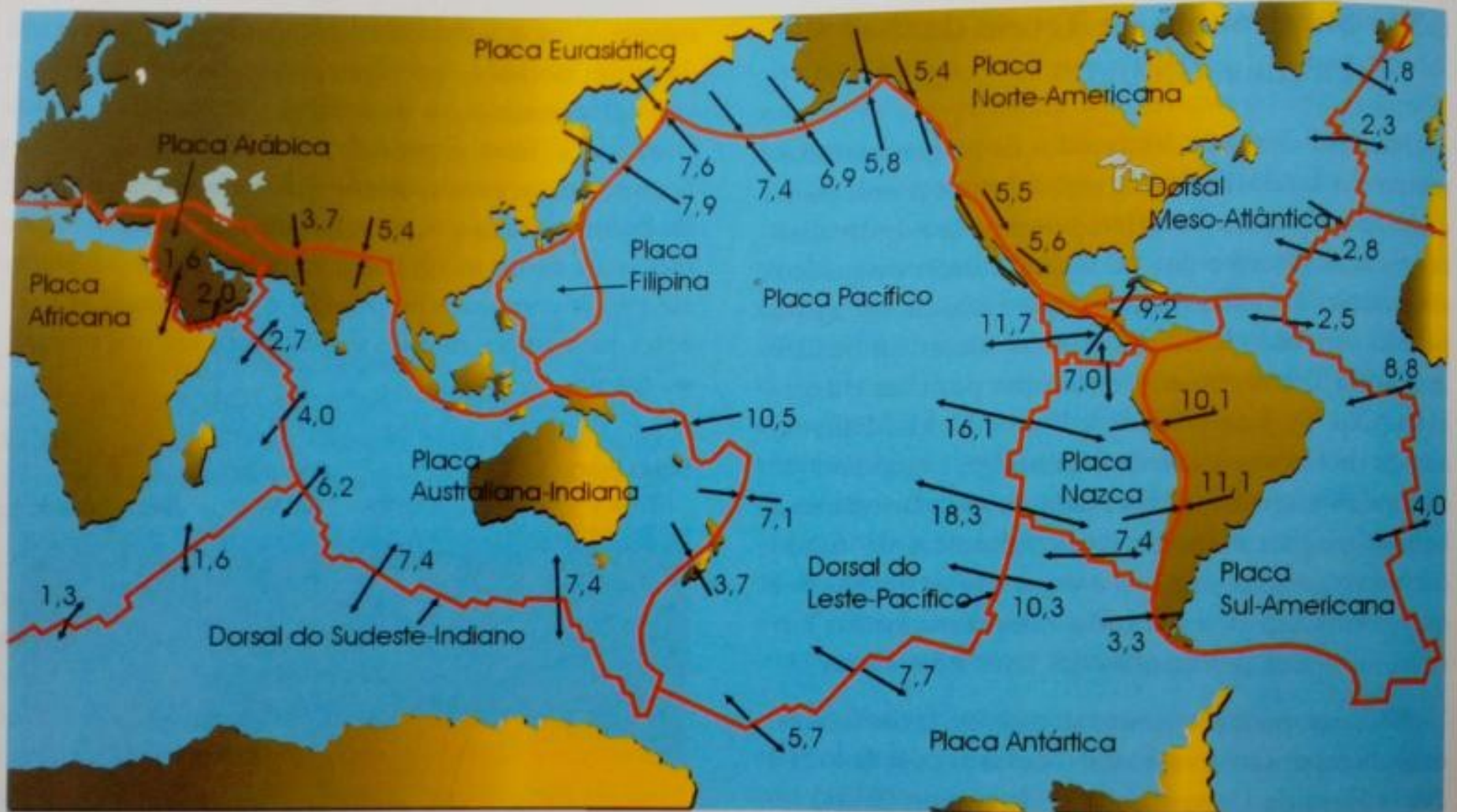


Fig. 6.5 Distribuição geográfica das placas tectônicas da Terra. Os números representam as velocidades em cm/ano entre as placas, e as setas, os sentidos do movimento. Por exemplo, a velocidade de 10,1 para a placa Sul-Americana indica que um ponto situado nesta placa está se aproximando de algum ponto da placa de Nazca a uma razão de 10,1 cm por ano.

VI. Os planetas

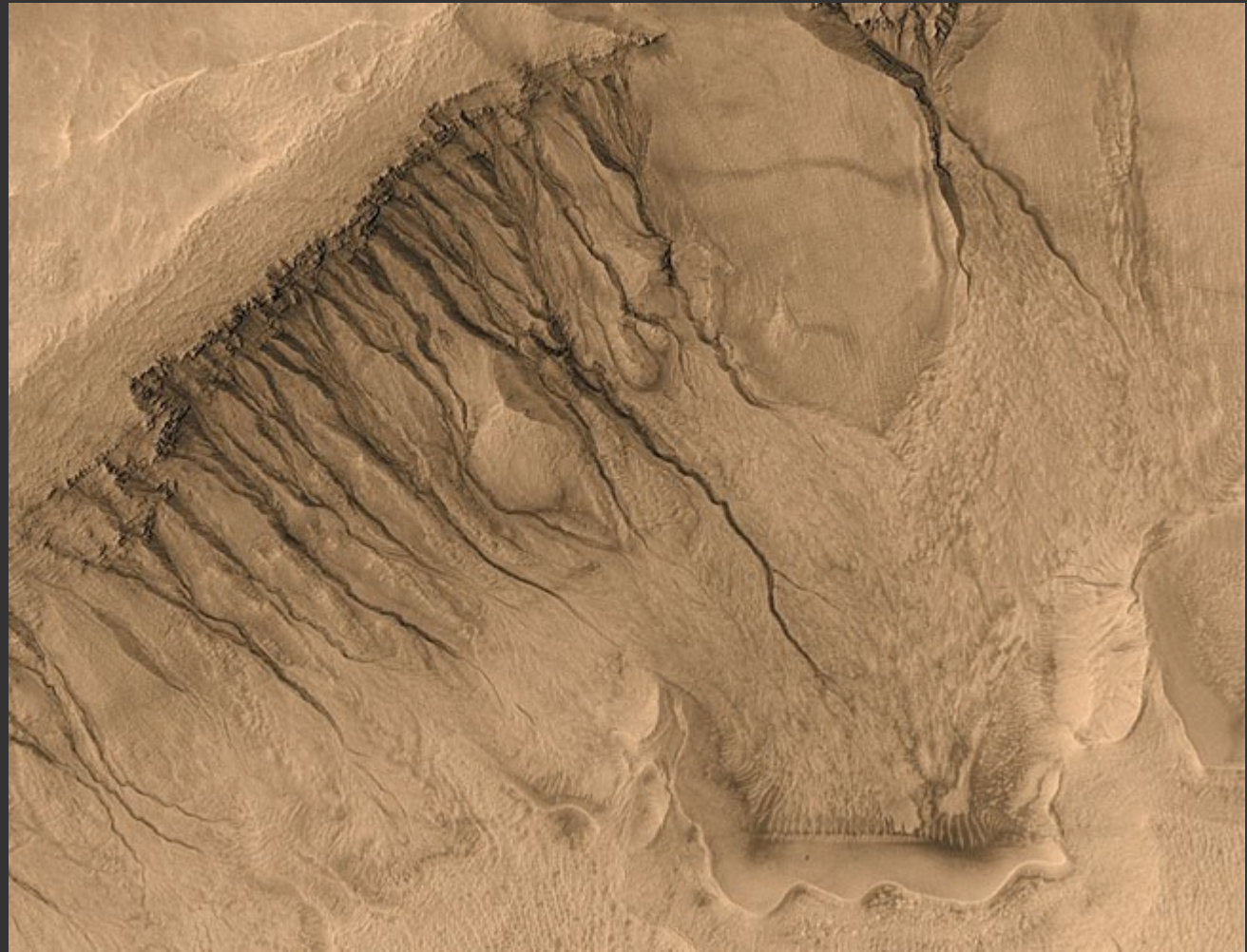
- Erosão

Causada pela ação externa (atmosfera, hidrosfera ou sublimação).

Não aparece na Lua ou Mercúrio, e parece pequena em Vênus.

Em Marte, a atividade erosiva é visível (ventos carregando poeira, canais secos, geleiras de água e gás carbônico nos polos).

Fig. 21: Incomuns córregos e canais em Marte



2003 February 5

Unusual Gullies and Channels on Mars

Credit: [Malin Space Science Systems](#), [MGS](#), [JPL](#), [NASA](#)

Explanation: What could have formed these unusual channels? Inside Newton Basin on [Mars](#), numerous narrow channels run from the top down to the floor. The [above picture](#) covers a region spanning about 1500 meters across. These and other [gullies](#) have been found on Mars in [recent high-resolution pictures](#) taken by the orbiting [Mars Global Surveyor](#) robot spacecraft. [Similar channels on Earth](#) are formed by flowing water, but on Mars the temperature is normally too cold and the [atmosphere](#) too thin to sustain [liquid water](#). Nevertheless, many scientists hypothesize that liquid groundwater can sometimes surface on [Mars](#), erode gullies and channels, and pool at the bottom before freezing and evaporating. If so, life-sustaining [ice and water](#) might exist even today below the [Martian surface](#) -- water that could potentially support a [human mission to Mars](#). [Research into this exciting possibility](#) is sure to continue!

VI. Os planetas

- Crateras

Formadas quase integralmente por planetesimais há 3,9 bilhões de anos. Ainda se formam, em pequeno número, devido à meteoroides e fragmentos de asteroides.

Identificadas especialmente na Lua, em Marte, Mercúrio, em asteroides e cometas, satélites de Marte, Júpiter e Saturno, além, claro, da Terra.

Link 1: Lista de crateras na Terra (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_impact_craters_on_Earth)

VI. Os planetas

Fig. 22: cratera na Índia (idem)



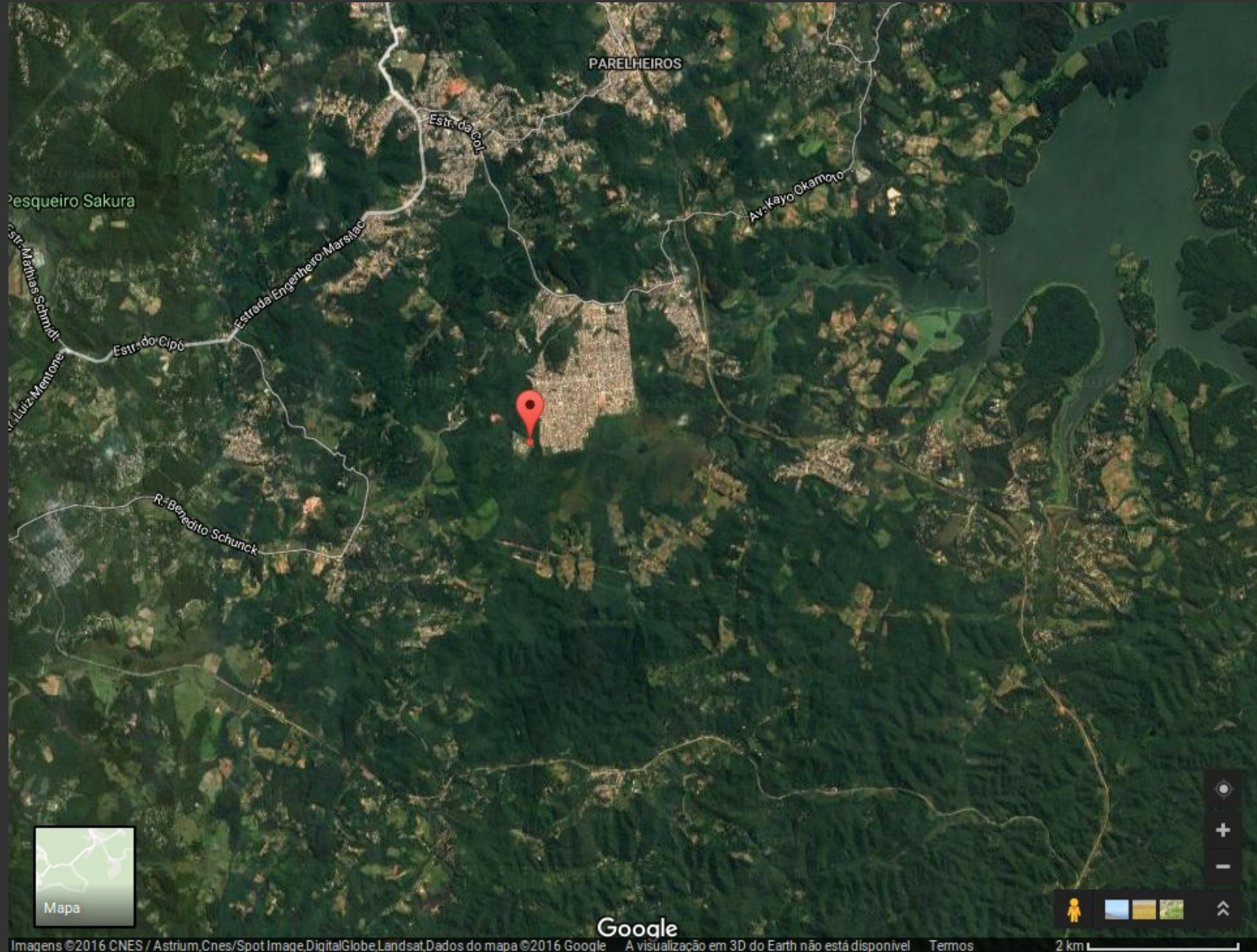
VI. Os planetas

Fig. 23: cratera no Arizona (idem)



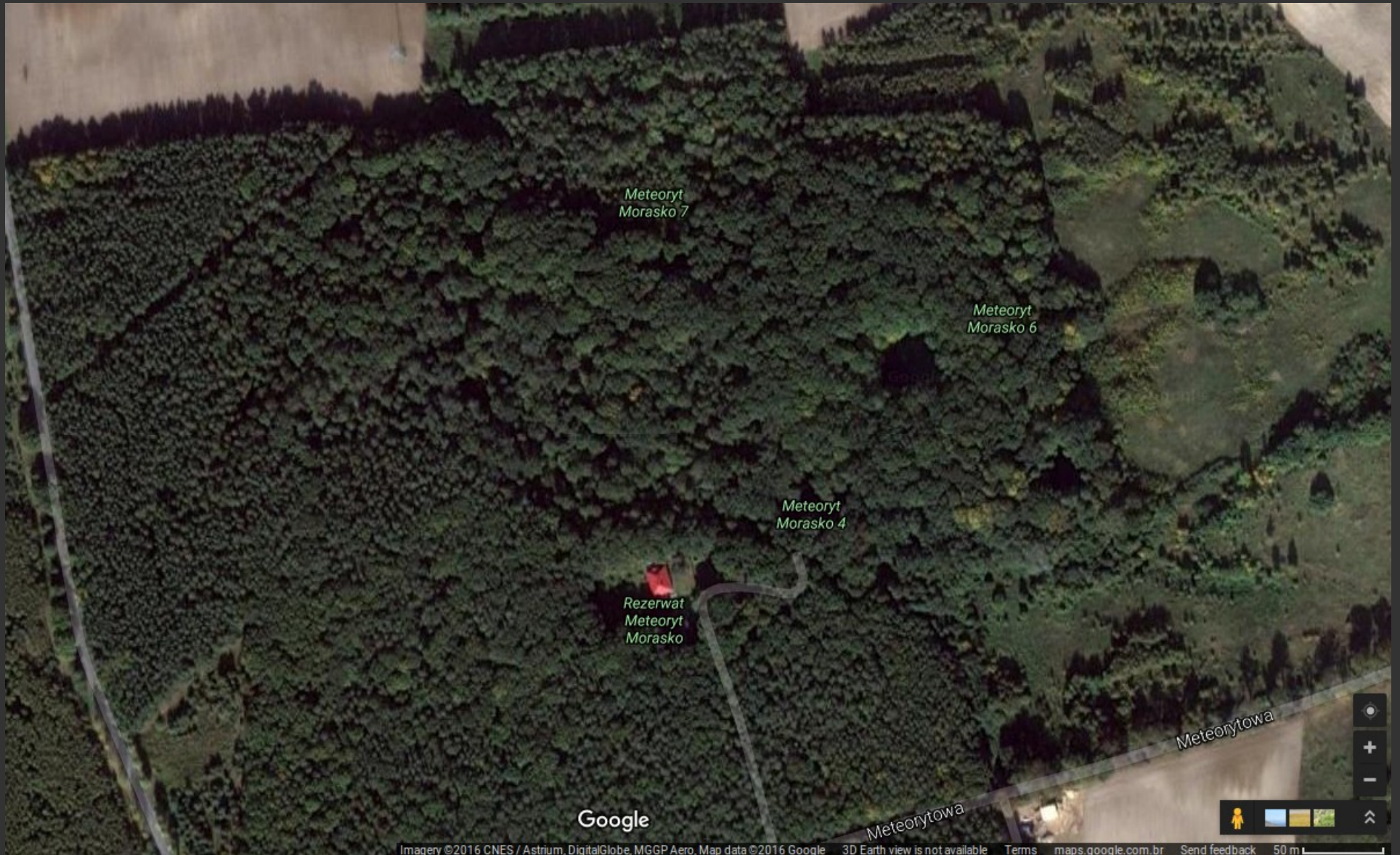
VI. Os planetas

Fig. 24: cratera em São Paulo (idem)



VI. Os planetas

Fig. 25: crateras na Polônia (idem)



VI. Os planetas

Fig. 26: meteorito El Chaco, Argentina (idem)



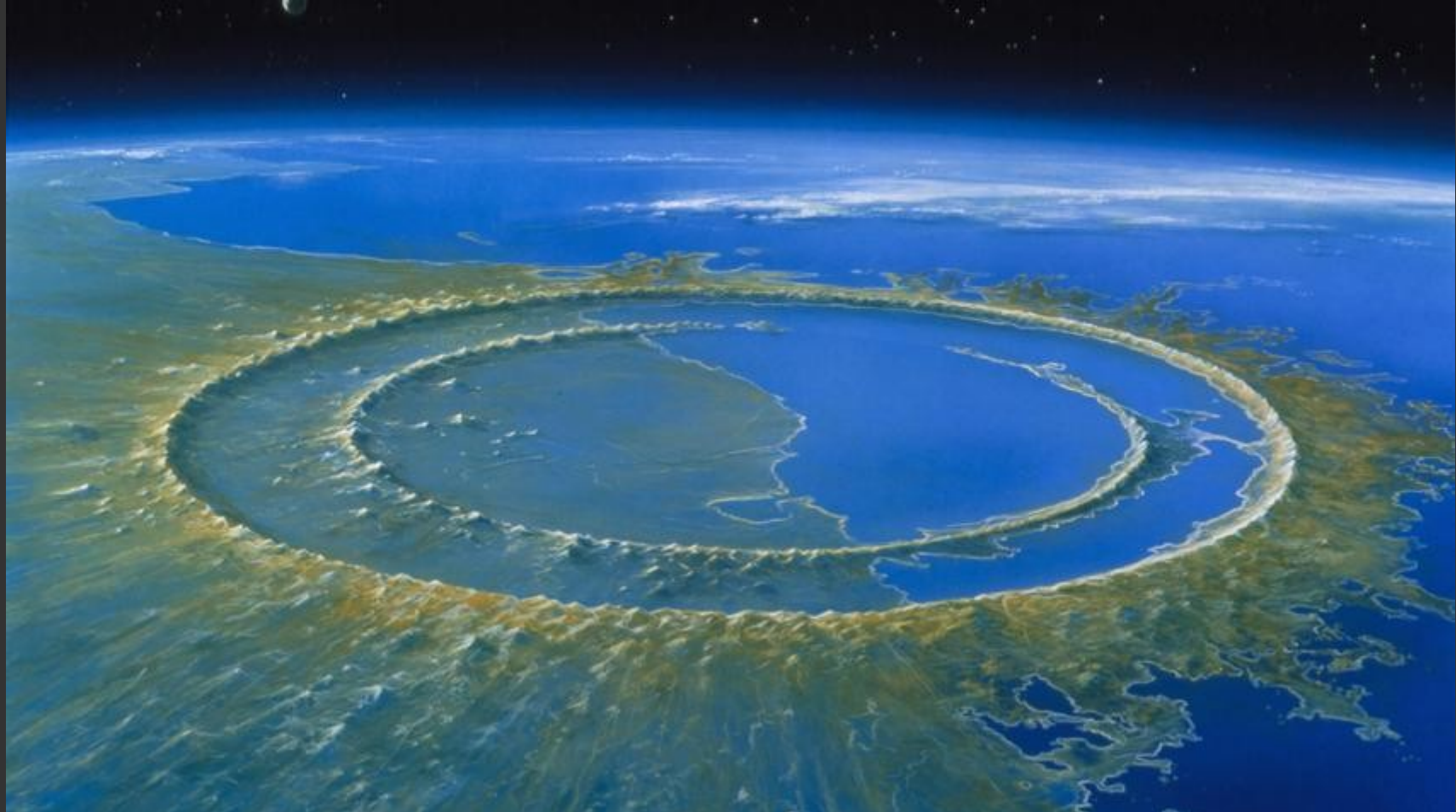
VI. Os planetas

Fig. 27: Yucatán/Chicxulub (idem)



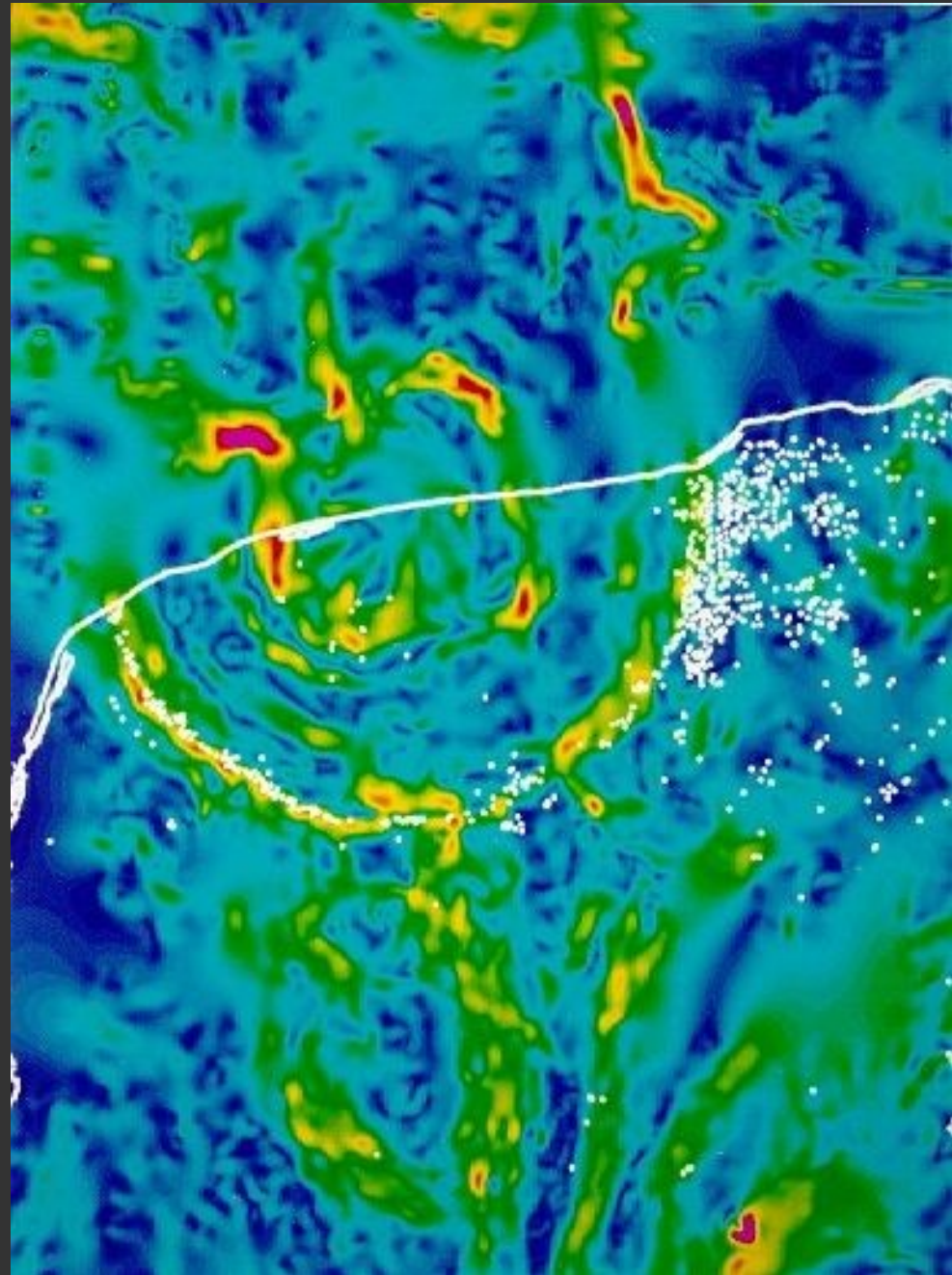
VI. Os planetas

Fig. 28: simulação cratera Chicxulub (<http://www.sciencemag.org/news/2016/03/scientists-gear-drill-ground-zero-impact-killed-dinosaurs>)



VI. Os planetas

Fig. 29: anomalia gravitacional
Chicxulub
(https://en.wikipedia.org/wiki/Chicxulub_crater)



VI. Os planetas

Atmosferas

- Retenção e perda

Quanto maior a massa, maior a retenção (atração gravitacional) de atmosfera.

Mercúrio e Lua sem atmosferas há bilhões de anos. Quanto menor a massa do planeta, menor a velocidade de escape e mais facilmente os gases escapam.

- Composição química, atmosfera primitiva e secundária

Além da maioria dos planetas, alguns satélites também têm atmosferas, como Titã (Saturno).

- Estrutura da Atmosfera

Troposfera (0-20km), estratosfera (20-50km), mesosfera (50-90km), termosfera (90-100km), exosfera (acima de 100km).

- Efeito estufa

Radiação incidente/absorvida x radiação emitida/refletida pela superfície sólida/líquida.

Radiação incidente e refletida absorvida pela atmosfera, em função da composição.

VI. Os planetas

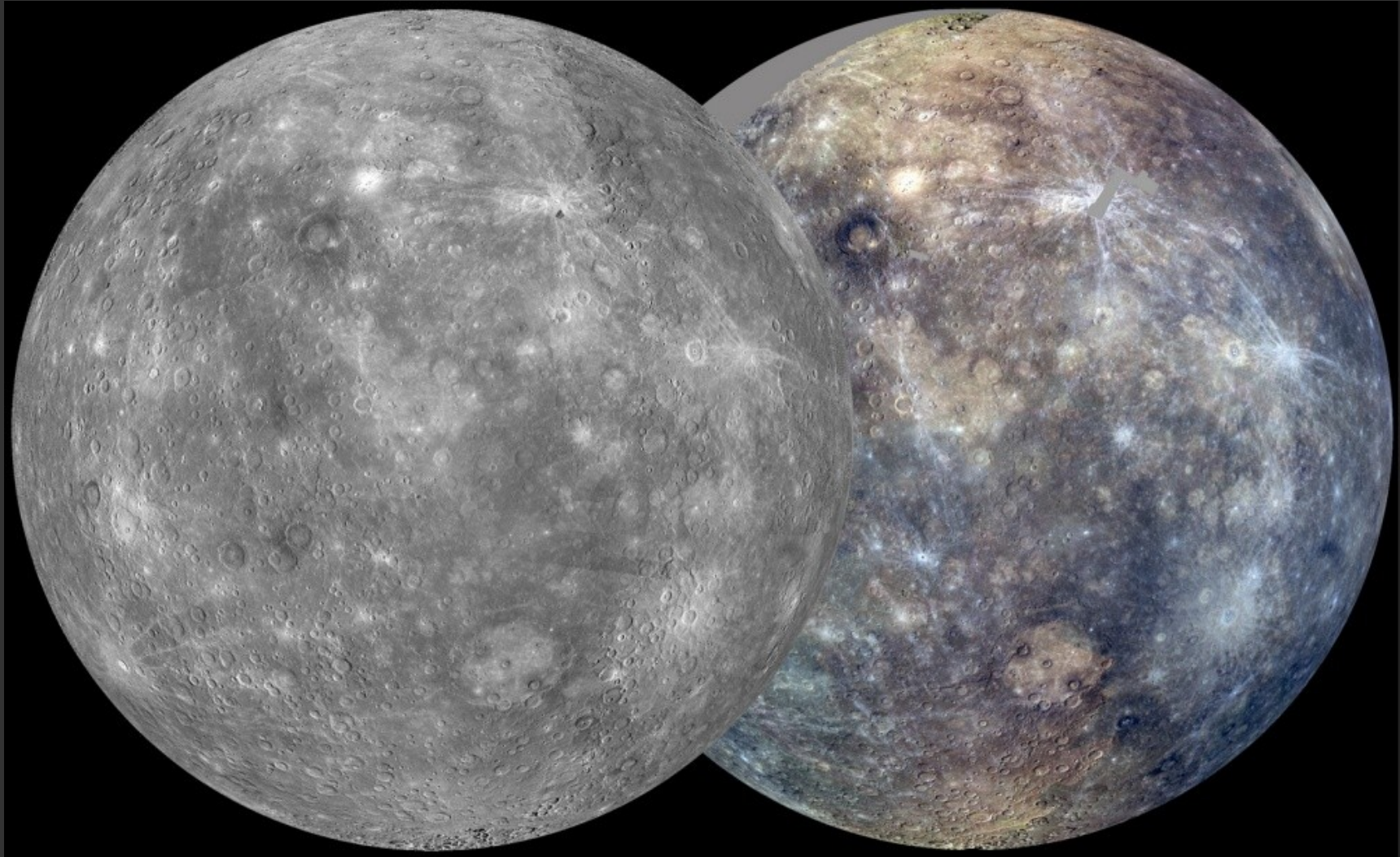


Fig. 30: O primeiro dia da MESSENGER

2011 October 8
MESSENGER's First Day
Credit: NASA/JHU APL/CIW

Explanation: One solar day on a planet is the length of time from noon to noon. A solar day lasts 24 hours on planet Earth. On Mercury a solar day is about 176 Earth days long. And during its first Mercury solar day in orbit the MESSENGER spacecraft has imaged nearly the entire surface of the innermost planet to generate a global monochrome map at 250 meters per pixel resolution and a 1 kilometer per pixel resolution color map. Examples of the maps, mosaics constructed from thousands of images made under uniform lighting conditions, are shown (monochrome at left), both centered along the planet's 75 degrees East longitude meridian. The MESSENGER spacecraft's second Mercury solar day will likely include more high resolution targeted observations of the planet's surface features. (Editor's note: Due to Mercury's 3:2 spin-orbit resonance, a Mercury solar day is 2 Mercury years long.)

VI. Os planetas

Fig. 31: atmosferas dos planetas (tab. 6.2, p. 119)

Tabela 6.2. Composição química percentual das atmosferas planetárias. O asterisco indica os principais componentes minoritários.

Planeta	H ₂ , He	CH ₄	NH ₃	CO ₂	N ₂	H ₂ O	O ₂ , O	Ar
Vênus				95	<2	<1	<0,1	*
Terra				0,03	78	<1	21	0,9
Marte				95				
Júpiter	99,4	0,5	*					
Saturno	99,1	0,86	*					
Urano	97,6	2,3	*					
Netuno	96,4	3,5						

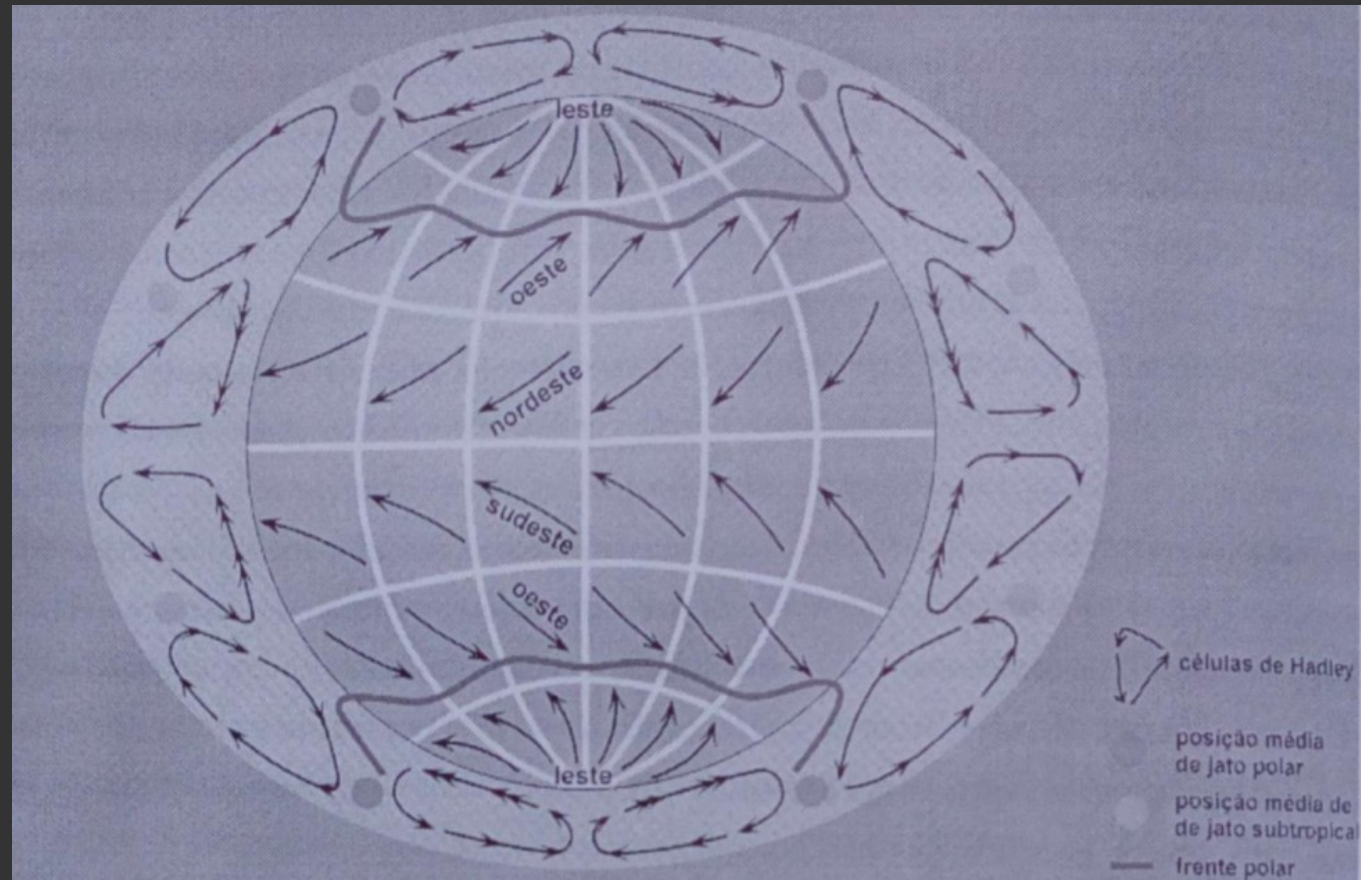
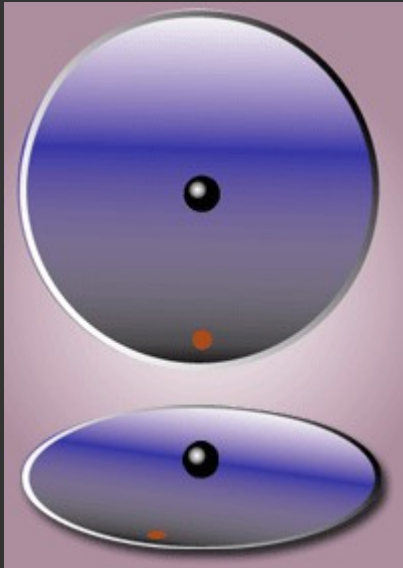
VI. Os planetas

- Circulação da Atmosfera

Circulação de Hadley (convecção devido à diferença de temperatura, ~1740) e “Força” de Coriolis (devido à rotação do planeta, ~1830).

Presentes em quaisquer atmosferas, mas com diferentes intensidades relativas à composição, à temperatura e à massa.

Fig. 32: Células de Hadley (fig. 6.8, p. 122)



Im. 20: “Força” de Coriolis

(https://pt.wikipedia.org/wiki/For%C3%A7a_inercial_de_Coriolis)

VI. Os planetas

Fig. 33: Terra em equinócio



2013 September 28
Equinox Earth

Image Credit: [Roscosmos](#) / [NTSOMZ](#) / [zelenyikot.livejournal.com](#) Courtesy: [Igor Tirsky](#), [Vitaliy Egorov](#)

Explanation: From a geostationary orbit 36,000 kilometers above the equator, Russian meteorological [satellite Elektro-L](#) takes high-resolution images of [our fair planet](#) every 30 minutes. But only twice [a year](#), during an Equinox, can it capture an image like this one, showing an entire hemisphere bathed in sunlight. [At an Equinox](#), the Earth's axis of rotation is not tilted toward or away from the Sun, so the [solar illumination can extend](#) to both the planet's poles. Of course, this [Elektro-L picture](#) was recorded on September 22nd, at the northern hemisphere's autumnal equinox. For a moment on that date, the Sun was behind the [geostationary satellite](#) and a telltale glint of reflected sunlight is seen crossing the equator, at the location on the planet with satellite and sun directly overhead ([5MB animated gif](#))

VI. Os planetas

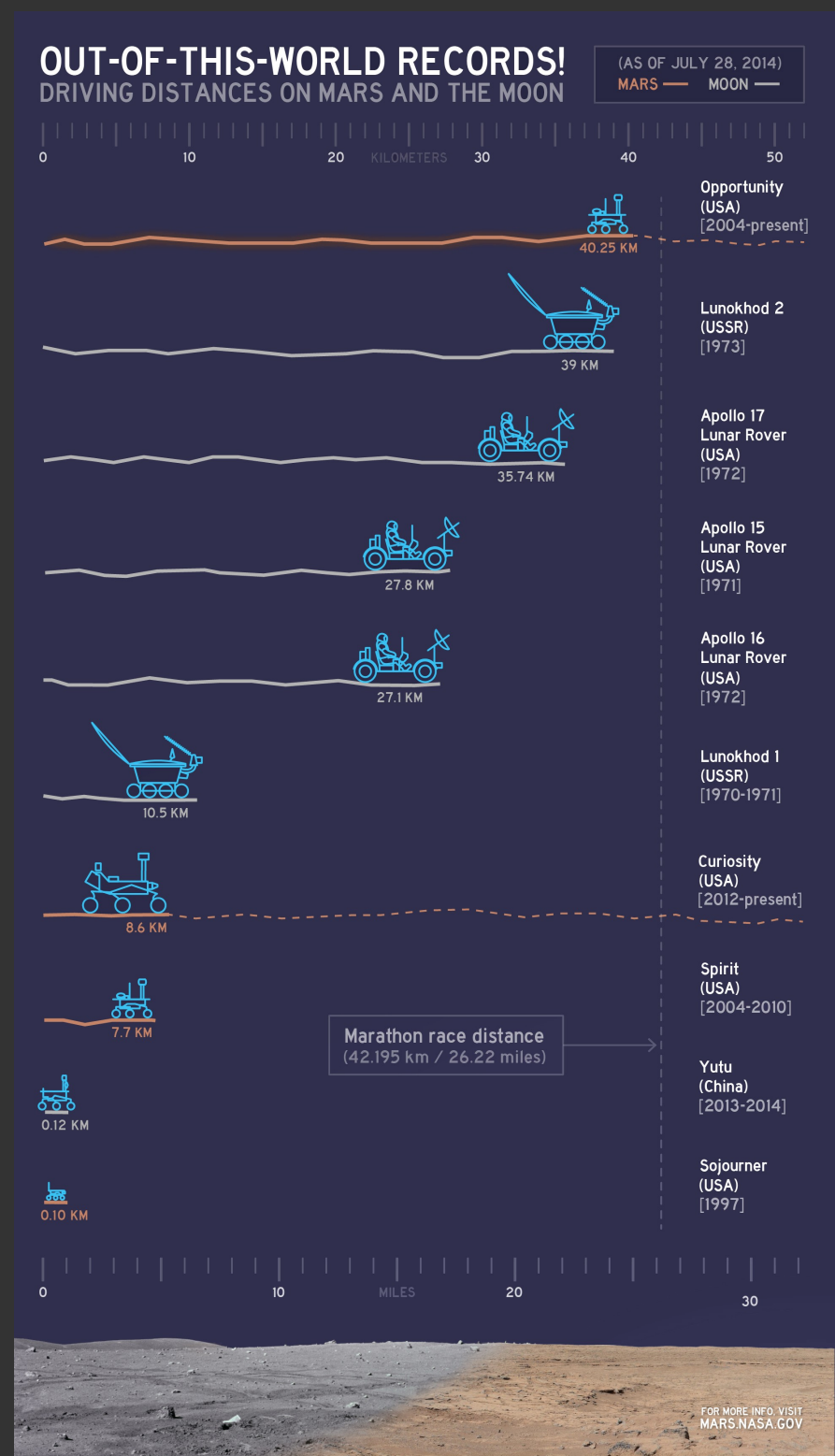
- Magnetosferas planetárias

Provavelmente por efeito dínamo, alguns planetas/satélites têm ou já tiveram campo magnético relevante.

Rochas lunares trazidas pelas expedições Apollo 15 e 16 indicam que a Lua já teve um forte campo magnético.

Obs. 1: Missões Apollo com pouso humano na Lua entre 1969 e 1972; várias outras missões enviaram veículos ou sondas orbitares, com destaque para veículos Lunokhod I e II (URSS), que exploraram e enviaram informações entre 1970 e 1973.

Fig. 34: distâncias percorridas veículos Lua e marte (https://en.wikipedia.org/wiki/Lunokhod_2)



VI. Os planetas

Obs. 2: Esse maquinário citado anteriormente não é tão antigo ou ultrapassado quanto parece; há trens em circulação na Linha 7 (Rubi/Pirituba) da CPTM fabricados em 1956.

Fig. 35: frota cptm (<http://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/Pages/Frota-de-Trens.aspx>)



Série 1400

Fabricante: BUDD /
MAFERSA

Ano de Fabricação: 1976 /
1977

Origem: Brasil

**Ano de Início da
Operação:** 1976



Série 1100

Fabricante: BUDD /
MAFERSA

Ano de Fabricação: 1956 /
1957

Origem: EUA

**Ano de Início da
Operação:** 1997

VII. Corpos menores

Asteroides

Diversos (milhares catalogados) corpos rochosos orbitando o Sol com diâmetros variando entre alguns metros e centenas de quilômetros.

Cometas

Corpos formados por gelo, metano, amônia, etc. que possivelmente estão em maior quantidade na borda do SS e aparentemente maiores do que os asteroides.

Se foram formados junto com o SS, podem ser os corpos mais fiéis às origens.

Meteoritos, Meteoros e Meteoroides

Meteoroides enquanto no espaço, possíveis restos de asteroides.

Meteoros enquanto poeira incandescente na atmosfera, possíveis restos de cometas.

Meteoritos enquanto rochas em solo (1/3 testemunhados em queda, 2/3 achados em solo).

Obs.: Próxima chuva de meteoros: Orionídeas, entre 20 e 22 de outubro de 2016, com radiante em Órion, formado por restos do cometa P1/Halley.

Poeira Zodiacal

Grãos pequenos (milimétricos) espalhados pela eclíptica e que podem ser vistos ao reflexo da luz solar.

VIII. Formação do Sistema Solar

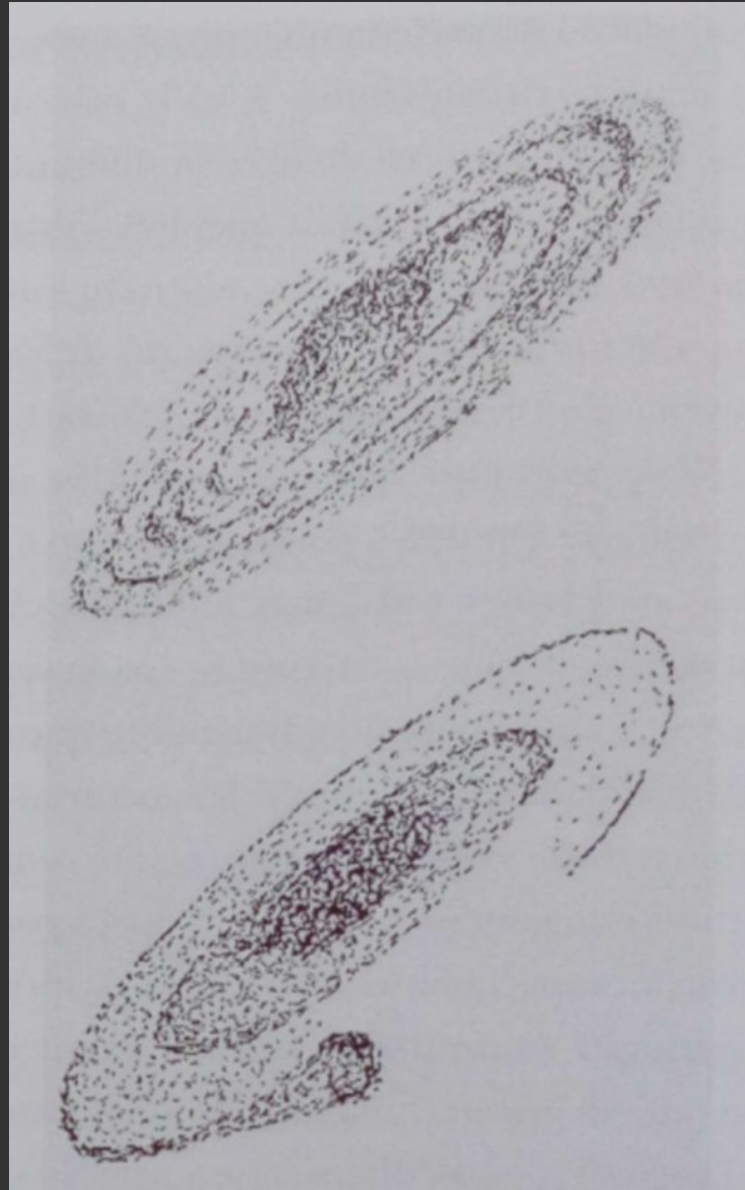
Há diversas teorias cosmogônicas para explicar a formação do SS.

A proposta da Nebulosa Solar Primitiva (NSP) parece dar conta da maioria dos fatos conhecidos:

- Isolamento de nuvem em rotação lenta originando massa central (futuro Sol) e disco de poeira circundante (futuros planetas), há 4,6 bilhões de anos;
- Proto-Sol emitindo radiação infravermelha por motivo gravitacional;
- Devido à baixa velocidade relativa, grãos foram atraídos e condensados formando os planetas telúricos;
- Planetas jovianos como acumulação de nuvem menos densa;
- Satélites e anéis como resquícios de colisões, asteroides capturados ou corpos fragmentados via marés;
- Após 100 milhões de anos (há 4,5 bi), o vento solar dissipa a poeira e a luz visível alcança os planetas, quando o Sol atinge a fase T Tauri.

VIII. Formação do Sistema Solar

Fig. 36: Formação do SS (fig. 6.12, p. 136).



IX. Atividade

Durante a aula:

- Discutir a posição do Sol nos registros realizados.

Após a aula:

- Ler capítulo 7 do texto base.