

Sistema Solar Interior



Mercúrio

Características Gerais

Mais próximo do Sol -> 57.910.000 Km (0.39 UA)



Temperatura: $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (pólo) $< T < 430\text{ }^{\circ}\text{C}$ (de maior amplitude do Sistema Solar)

Difícil ser observado: 28 graus de afastamento do Sol; visível 2hs antes do nascer do Sol

Órbita + excêntrica (elongada) do que os outros planetas

Pequeno diâmetro = 4880 Km; raio 1/3 da Terra

Não possui satélite e quase não tem atmosfera!

Maioria informações obtidas pela Sonda Mariner 10 (década 1970)

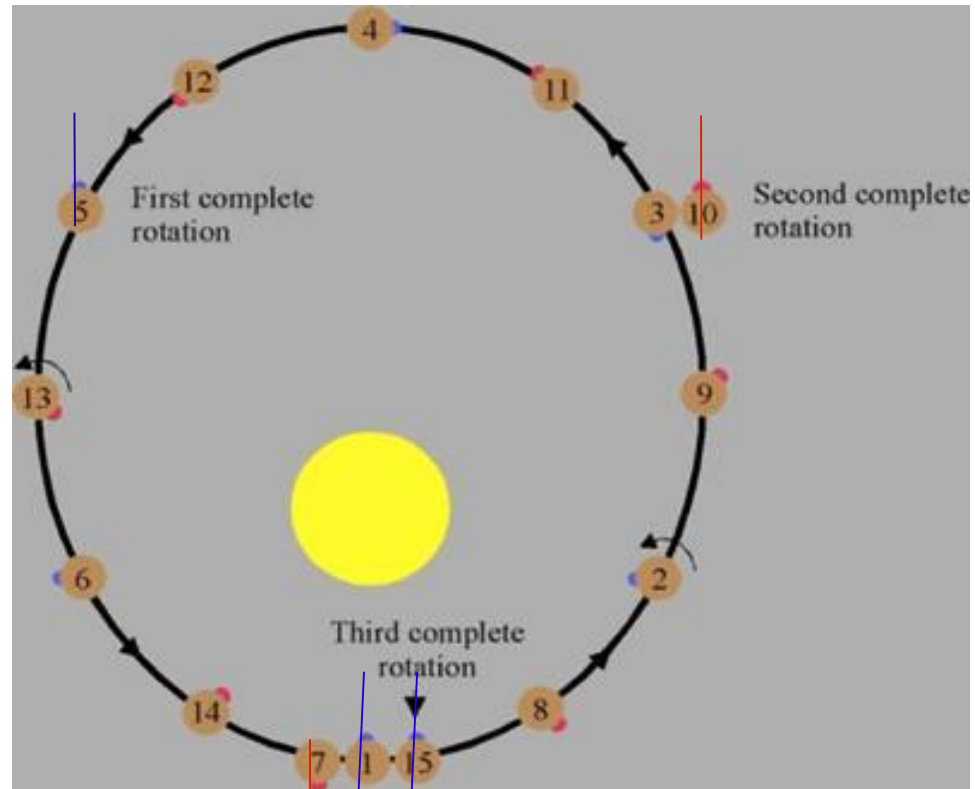
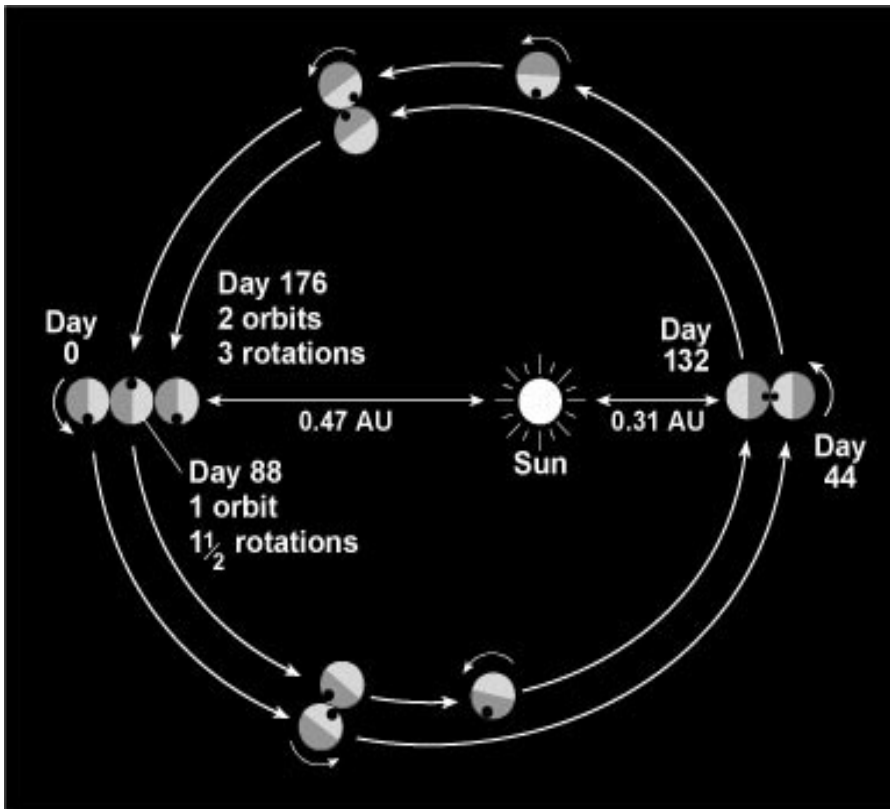
Ressonância entre os movimentos de rotação e translação: a cada 3 rotações em torno de si (58 dias terrestres), ocorrem 2 translações (88 dias terrestres) ->

Força de maré do Sol diminui a rotação original -> consequência: rotação diminuindo

Campo magnético fraco

Ressonância ou Acoplamento “spin-órbita” 3:2

...a cd 3 x em torno de sí (58 dias terrestres), 2 translações (2x 88 dias terrestres)



Rotação = $\frac{2}{3}$ período orbital (translação).

1 dia solar em **Mercúrio** tem a duração de 2anos...!

...pois o observador retornará à mesma posição (ver bolinha preta na figura esquerda acima) após 2 períodos de translação (= 2 anos)

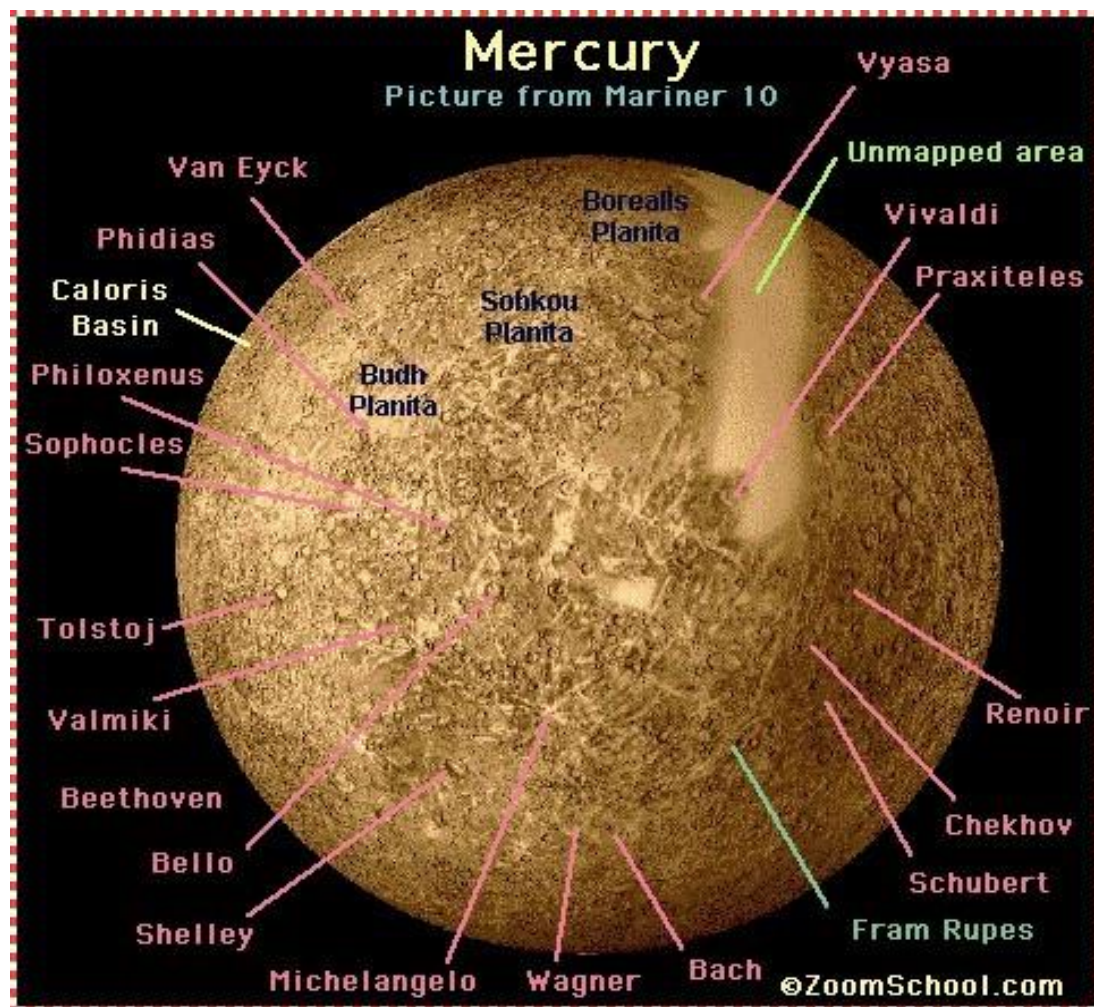
= 1 rotação e meia

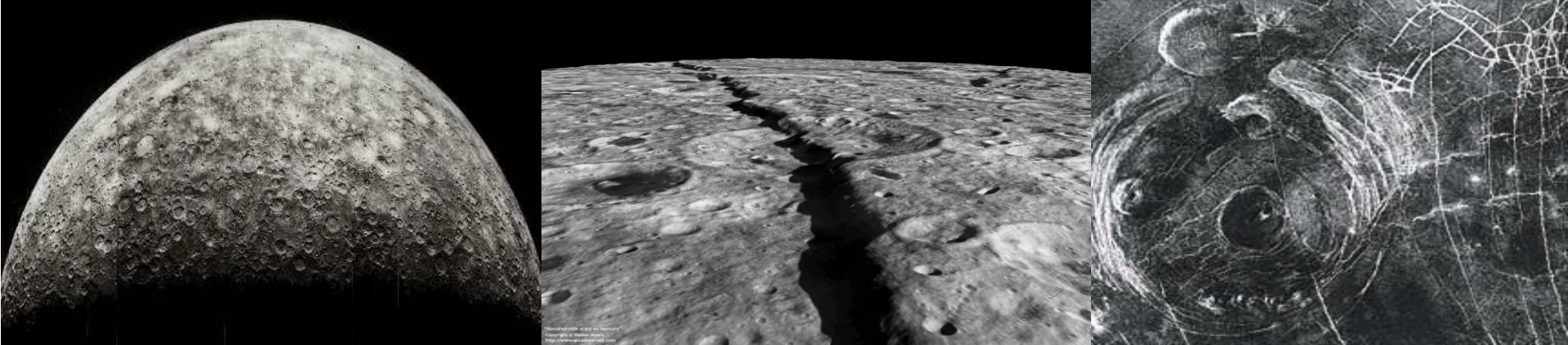
= 1 órbita = 1 ano = 88 dias terrestres

Aspectos da Superfície

Primeiros dados obtidos via sondas Mariner 10 (1975, 1976)

Semelhante a Lua → dimensão, **estéril**, coberta com escoamento de **lava** (reg. escuras), regiões **montanhosas** e muitas **crateras**.





Diferente da Lua em outros aspectos:

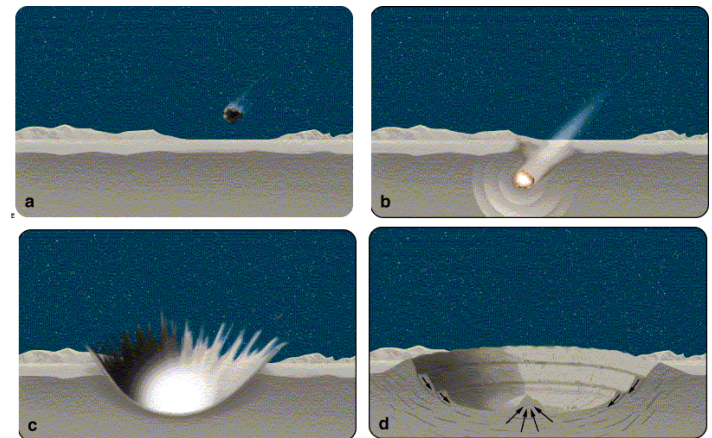
Possui extensivos sistemas de penhascos e planícies e efeito “craquelado”, que supõe-se ser devido ao rápido resfriamento.

Crateras com bordas de paredes mais baixas e material não muito longe das crateras devido a gravidade superficial ser maior ($3,7 \text{ m/s}^2$) do que na Lua ($1,7 \text{ m/s}^2$).

Crateras com dimensões da ordem de 40Km

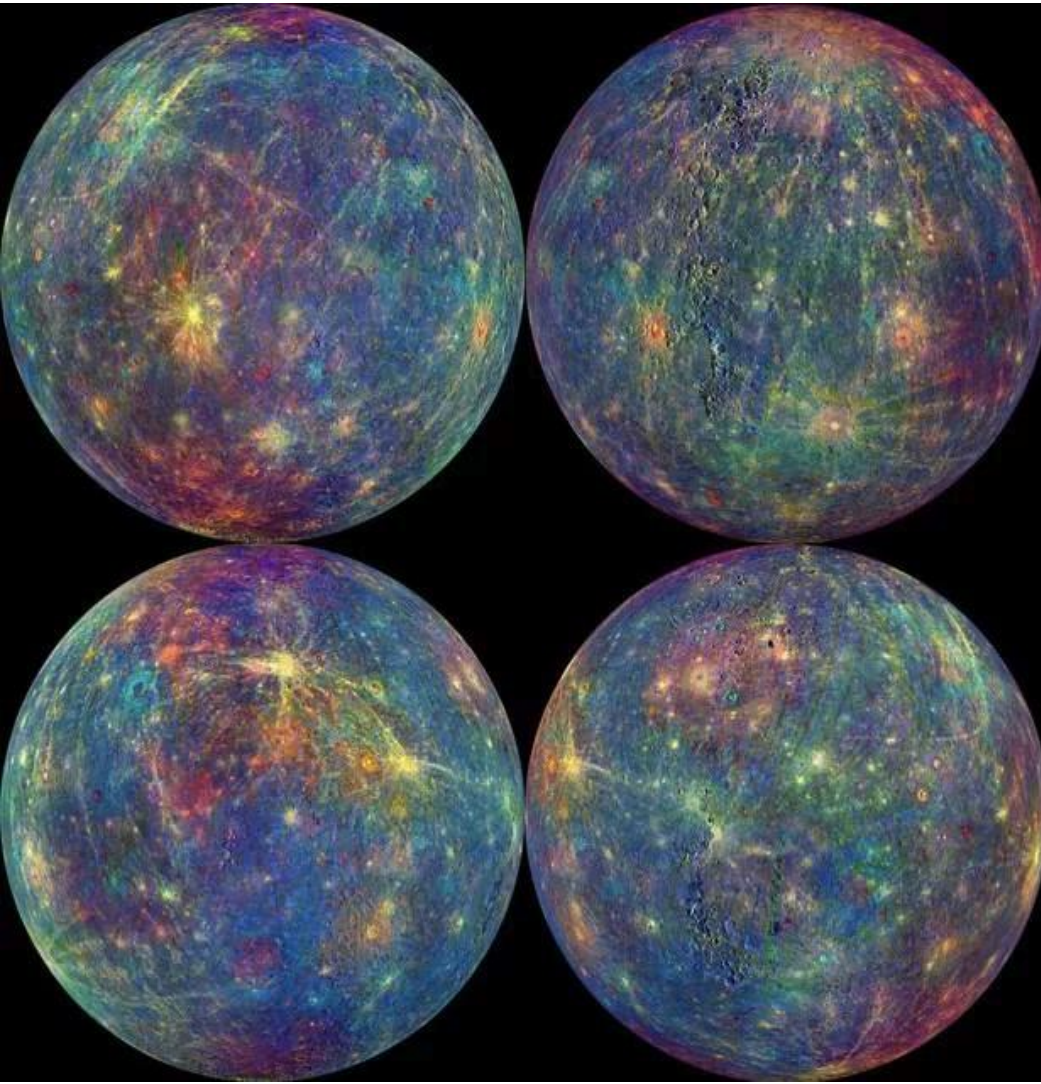
Bacias e Sulcos da ordem de 450km

Predomínio de crateras, representa solo velho....



Sonda Messenger chega a Mercúrio...

- Viagem iniciada em março de 2004, atinge seu destino em 2008. Entra em órbita após 7,9 bilhões de km em 17/03/2011 a uma velocidade de 14 mil km/h. Orbitou o planeta 4 anos...



A principal descoberta da Messenger ocorreu em 2012: **uma espessa camada de gelo nas regiões polares** de Mercúrio, fornecendo "apoio convincente para a hipótese de que o planeta abriga **abundante água congelada** e outros materiais voláteis em suas crateras polares permanentemente sombreadas" (Nasa)

Amplitude de Temperaturas:
 < 100 (noite) $< T$ (C) < 427 (dia)

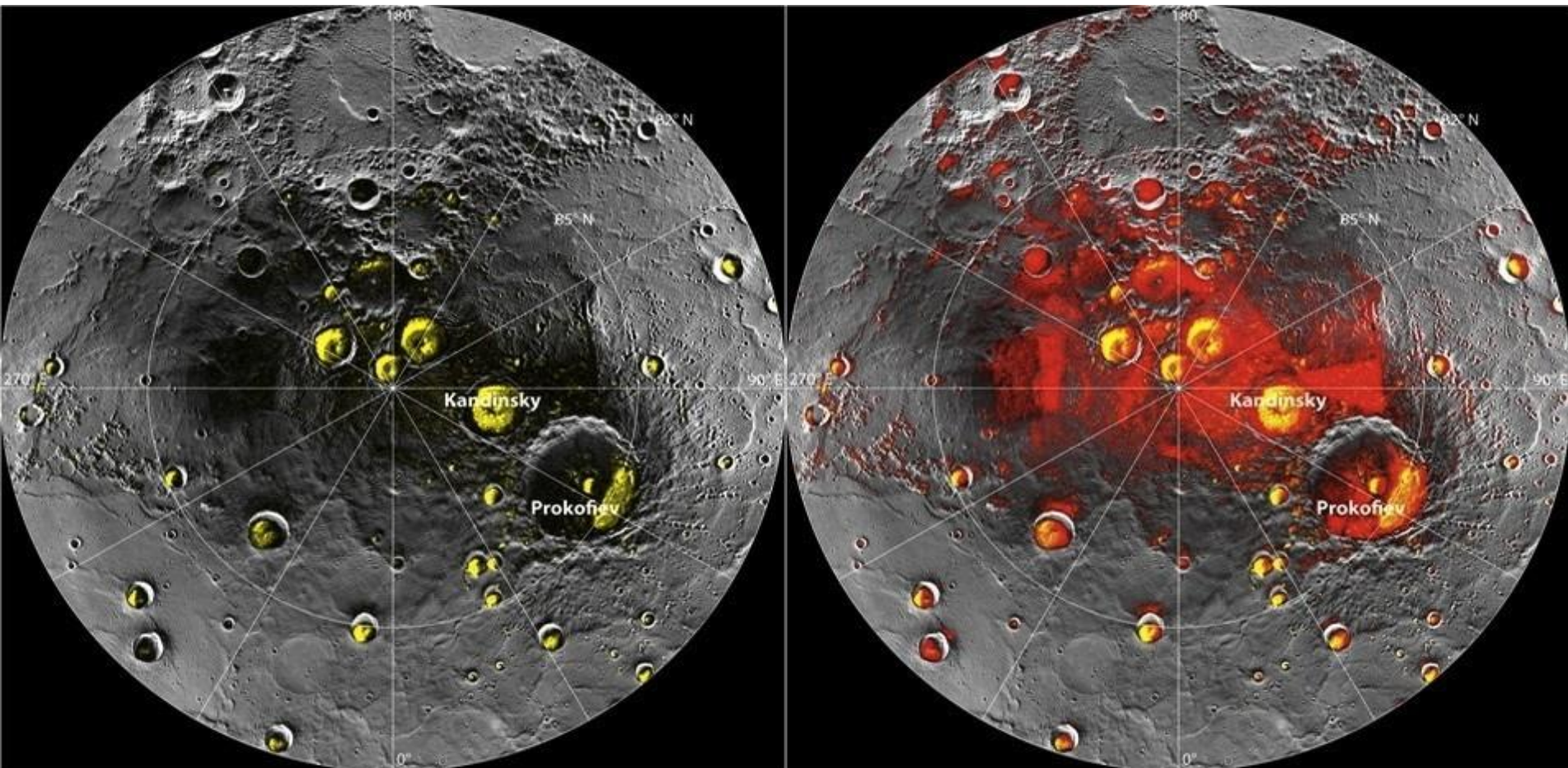
Tem atmosfera finíssima e instável devido ao vento solar que arranca os átomos da atmosfera, já que o planeta é muito quente.

Combinação de imagens mostra as leituras da atmosfera de Mercúrio feitas por instrumento à bordo da sonda Messenger (Foto: NASA, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Carnegie Institution of Washington via AP)

Gêlo de Água no Pólo Norte...

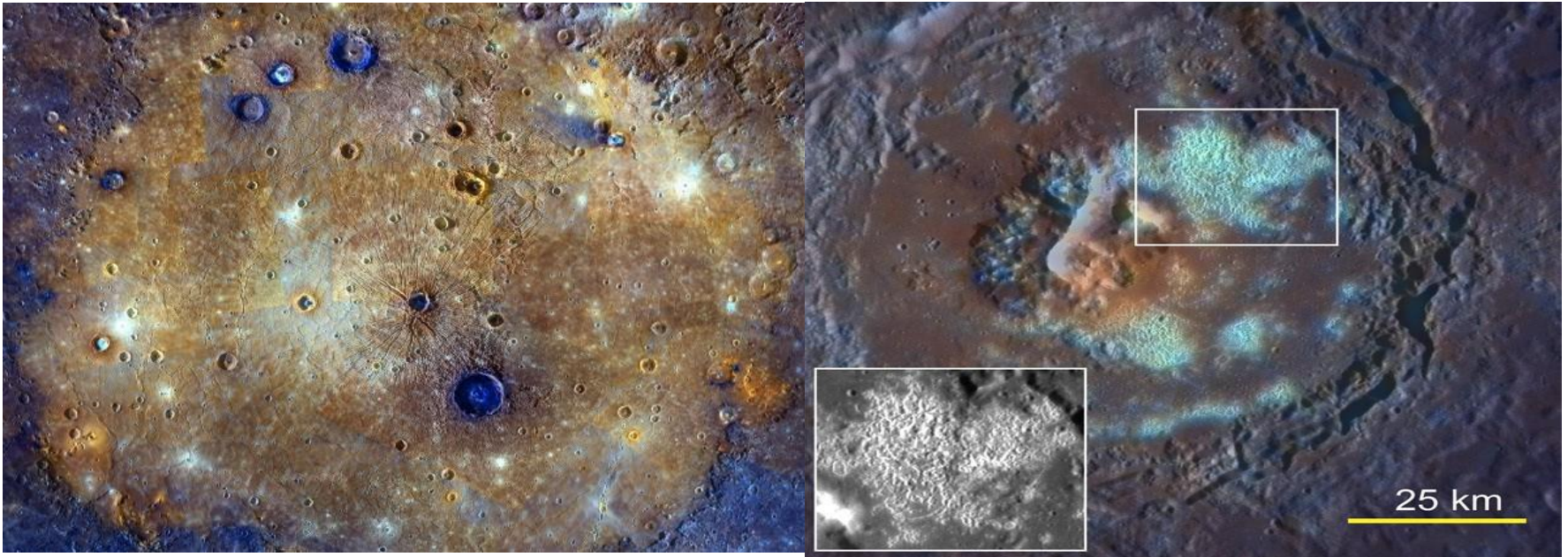
Evidências de **depósitos de água congelada** em Mercúrio foram encontradas tanto nas crateras (pontos amarelos da imagem á esquerda) do PN - região que nunca recebe as radiações do Sol, quanto em regiões extensas que circundam o PN – região em vermelho na figura a direita....

Os cientistas acreditam que o planeta provavelmente obteve sua água quando cometas e asteroides voláteis impactaram o planeta a bilhões de anos atrás



Superfície, via Messenger

...crateras, poços congelados, buracos e escarpas

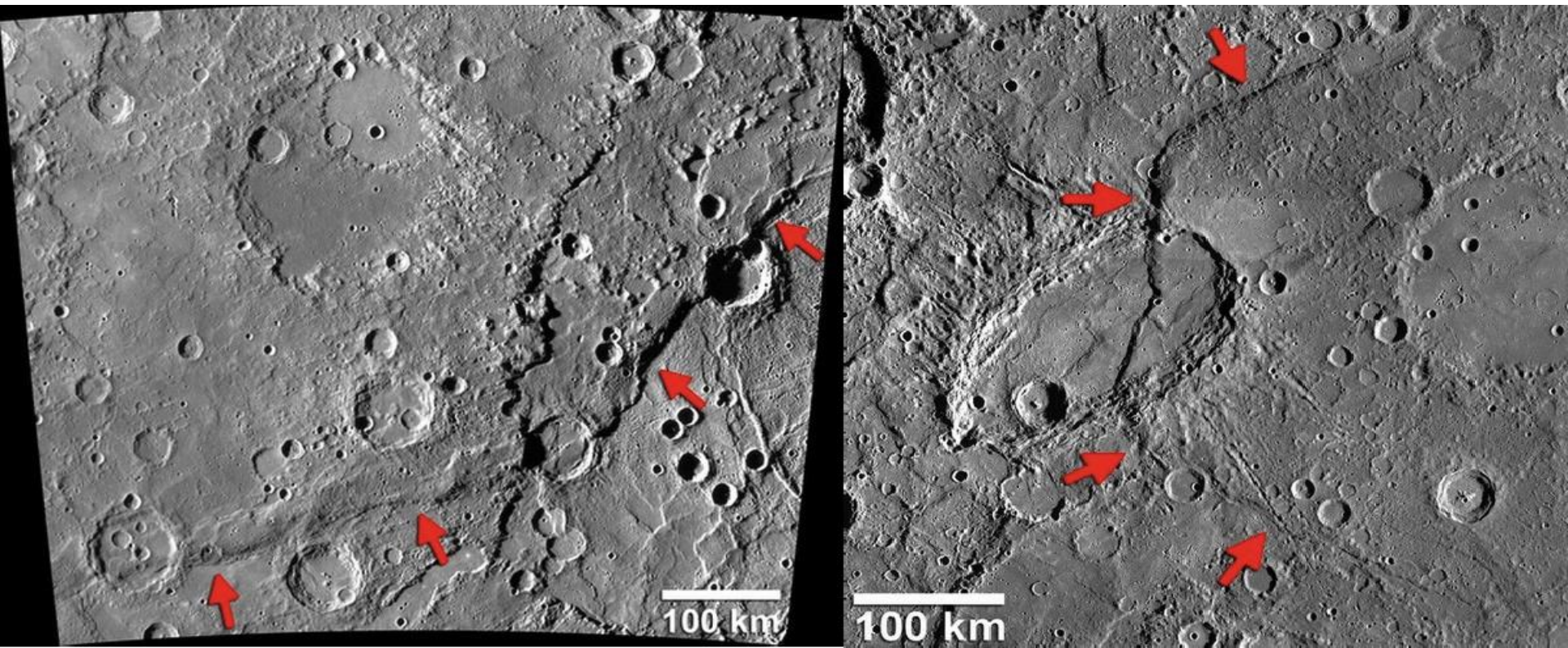


Os níveis de **enxofre e potássio** na superfície, por exemplo, são **bastante acima** do esperado já que são elementos que vaporizam em **temperaturas relativamente baixas**. Como o calor em Mercúrio passa dos 400 °C durante o dia a explicação para o “achado” está ainda está sendo investigada.

As imagens da Messenger também mostraram **rachaduras na superfície** de até 25 km de profundidade, por onde acredita-se ter saído ao menos parte da enorme **quantidade de lava encontrada perto do pólo norte**. Esta área é relativamente mais jovem que as regiões com crateras (que indicam solo velho)

Pelo menos 6% de todo o planeta é coberto por uma espessa camada de lava seca.

Grandes escarpas, que se alongam durante quilômetros, seriam provavelmente fissuras formadas quando o planeta esfriou e diminuiu ao longo do tempo



Interior

Sabe-se pouco, devido ao fato de não se poder usar ondas sísmicas para sondá-lo.

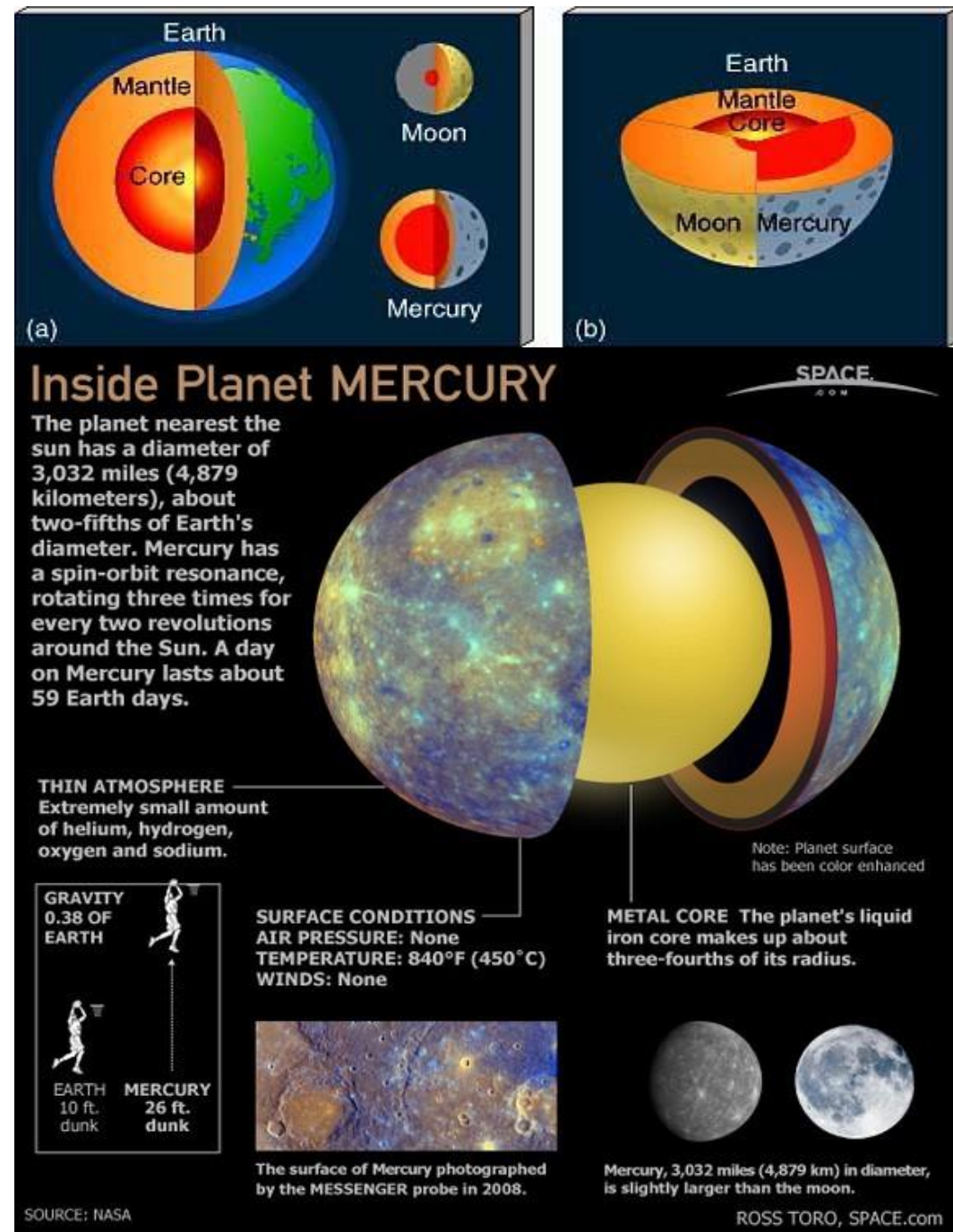
A alta densidade média do planeta indica que o caroço deve ser muito grande (85% de extensão) (ver fig.)

Falta de um manto extensivo pode ser devido a colisões com planetesimais logo após sua formação, que removeu a camada externa do planeta

Questões em aberto, entre outras:

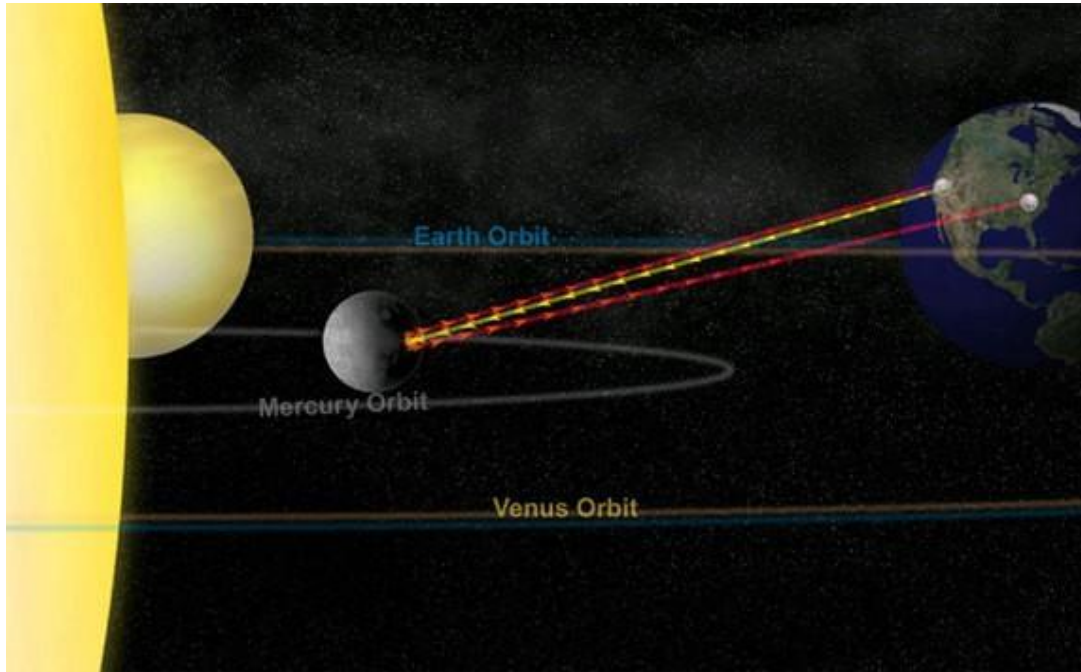
Como pôde surgir um núcleo tão denso para um planeta deste tamanho?

Campo Magnético 100x mais fraco que o da Terra. Sem fluido no centro, como pode existir?



Surpresa...! Núcleo de Mercúrio é líquido

- Um sinal de radar (linha amarela) é transmitido a partir da antena Goldstone na Califórnia.
- Ecos de radar (vermelho) são recebidos na antena Goldstone e no telescópio Robert C. Byrd em Green Bank, West Virginia - 2007



Credit: Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF Artistic rendering of the observational geometry

"As variações na taxa de rotação medidas em Mercúrio são melhor explicadas por um núcleo que é pelo menos parcialmente derretido" (Jean-Luc Margot da Cornell University)

<http://www.space.com/3756-surprise-slosh-mercury-core-liquid.html>

Mercúrio

Habitável? Não



Mercúrio

Terra

Temperatura

Gravidade

Dia

Ano



MERCÚRIO

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS
E
ESTRUTURA INTERNA

Componentes principais:

hélio e hidrogênio

Componentes secundários:

sódio e oxigênio

Traços de neon, argônio e potássio

Manto de cerca de
600 km de espessura

Crosta
delgada

Núcleo de ferro de cerca
de 3.600 km de diâmetro
contendo 80% da massa
de Mercúrio

Temperatura superficial
máxima do lado iluminado
de cerca de 430°C

Crosta de rocha
de silicato

Manto de rocha
de silicato

Vênus

Características Gerais

2º planeta S.S : 108.200.000 Km (0,72 UA)

Temperatura: 464 °C (maior do Sistema Solar)
...quente o suficiente para derreter chumbo

Diâmetro: 12.103,6 Km

A rotação de Vênus é muito lenta (1 volta em 243 dias terrestres)

Observado somente ao anoitecer ou ao amanhecer (47 graus afastado do Sol)

Inteiramente coberto por nuvens e difícil de se observar a superfície devido ao Efeito Estufa.
...Na superfície do planeta não se observa o Sol (nem qualquer outro obj)

As vezes identificado como “planeta irmão da Terra, pois:

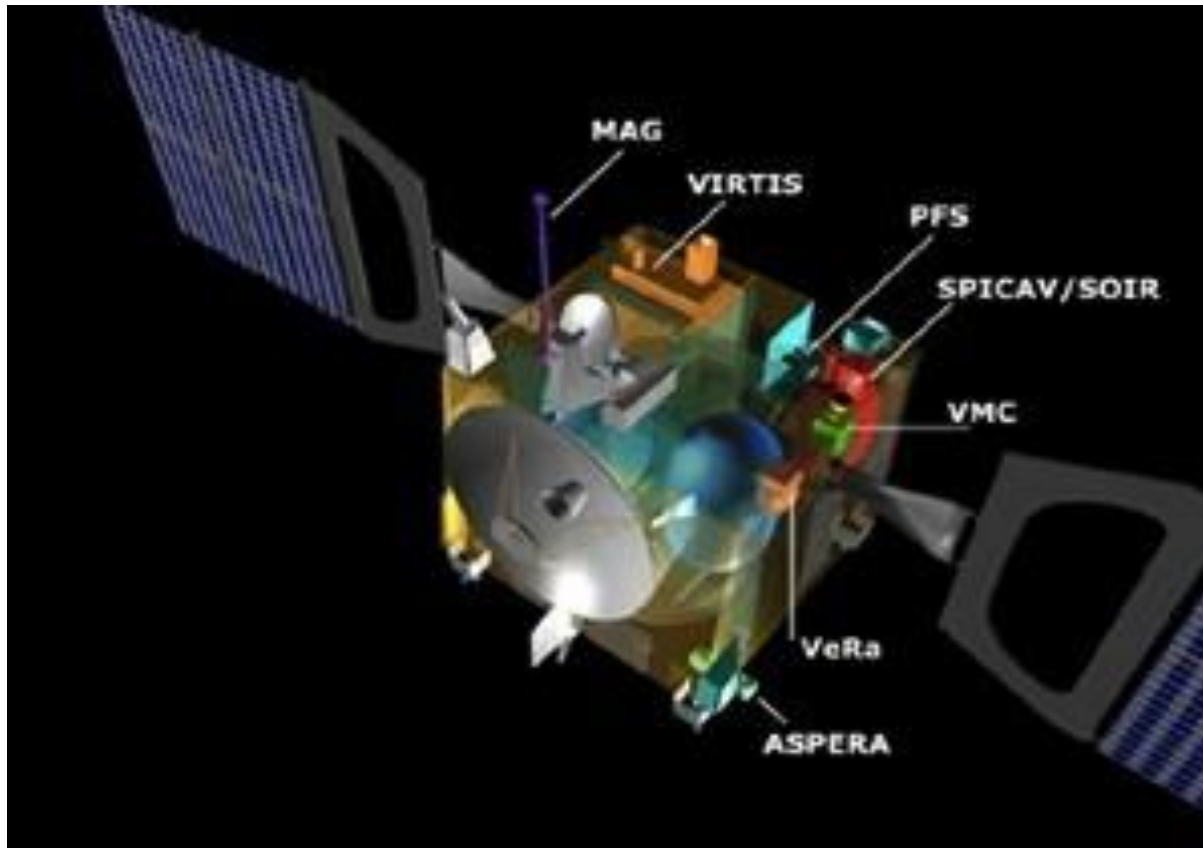
- 1 Similares na **densidade, composição química e massa** (95% do diâmetro da Terra, 80% M_{terra})
- 2 Ambos têm poucas crateras, o que indica superfícies relativamente jovens.

Muito diferente na temperatura e pressão atmosférica (90 vezes a da Terra ao nível do mar)

Conhecimento sobre planeta obtido por várias missões espaciais. Recentemente.... →



Sonda Vênus Express (ESA)-"observatório": finalizada em 26/12/2014
...lançada em 2005 com equipamento de bordo (espectrômetro-VIRTIS, câmera-VMC, etc...)



Outras Missões: Mariner2, Pioner Venus, Venera7 e 9, Magellan,...

Vênus Express - equipada com variedade grande de instrumentos - detalhes em:
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Venus_Express/Venus_Express_factsheet

Atmosfera

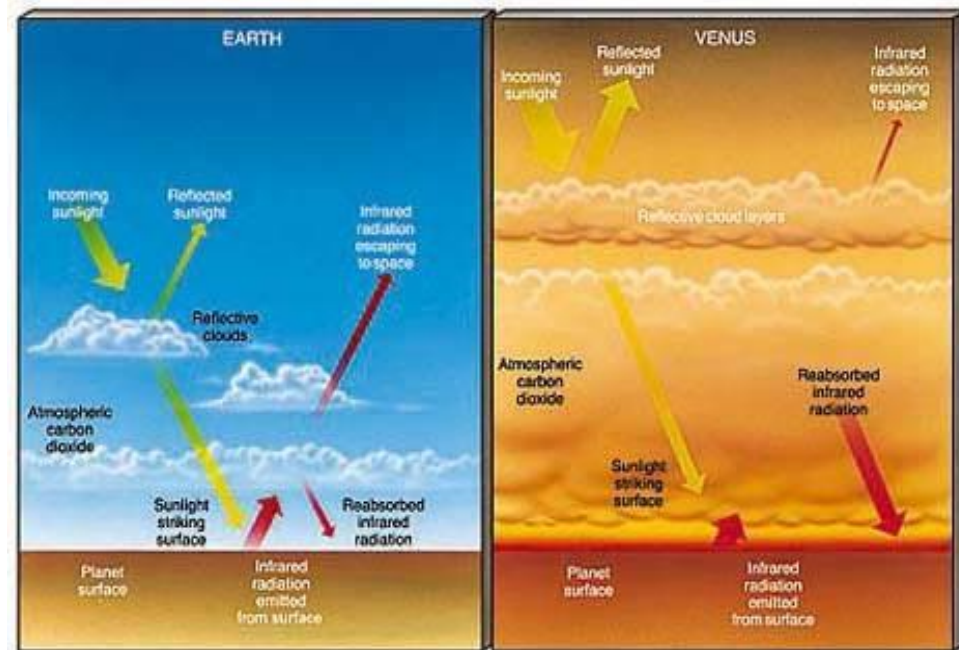
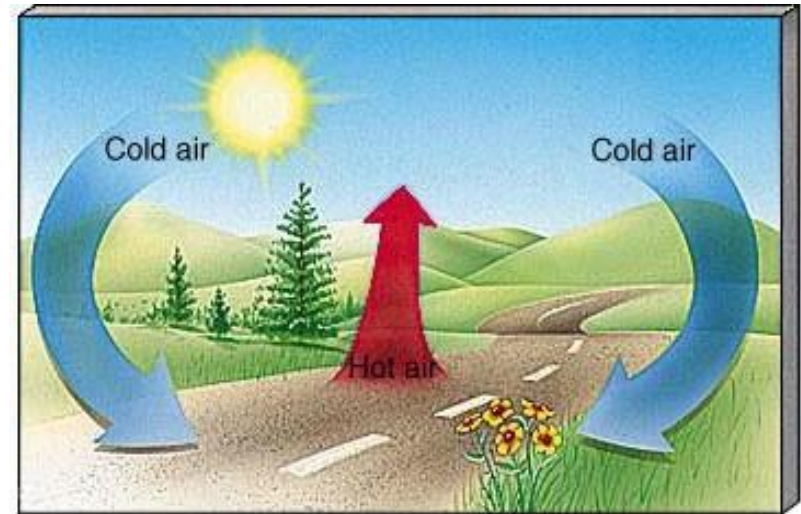
Atmosfera densa, com CO_2 (95%), pequenas quantidades de **N**, **Ar** e traços de gases (ácido sulfúrico, p/ ex.)

Muitas nuvens que formam **3 distintas camadas** a 48, 53, 60 Km que permite condensação de ácido sulfúrico (H_2SO_4) em chuva ácida

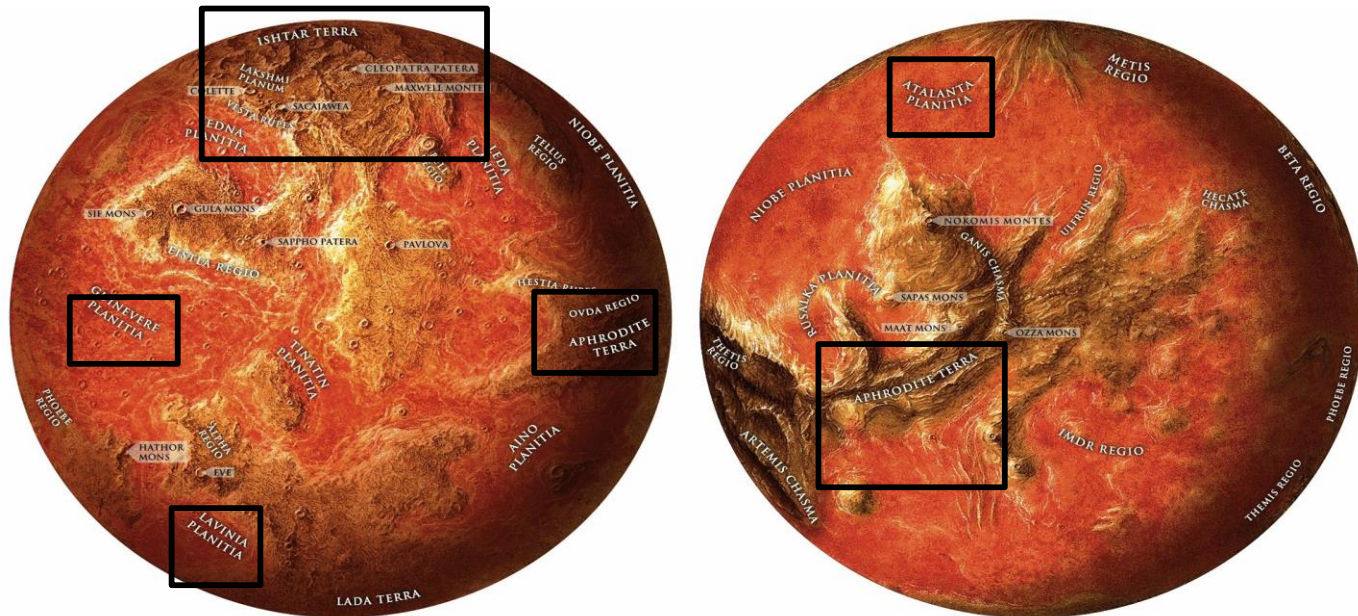
Cria temperaturas superficiais altas devido ao **Efeito Estufa**

Ventos a altas velocidades (300-400 Km/h) na atmosfera superior, que circulam o planeta em 4 dias

Presença de **dióxido de enxofre (SO_2)**
-> **sinaliza erupções vulcânicas**



SUPERFÍCIE Global



Sem dados sísmicos, detalhes da superfície são escassos. Entretanto, pelas imagens obtidas, a maioria da superfície **possui pouco relevo**, como mostra a figura acima.

Existem algumas **extensas depressões**: "Atalante", "Guinevere" e "Lavinia Planitias".

Dois grandes áreas de terras altas: "Ishtar Terra" no HN (do tamanho da Austrália) e "Aphrodite Terra" ao longo do equador (do tamanho da América do Sul).

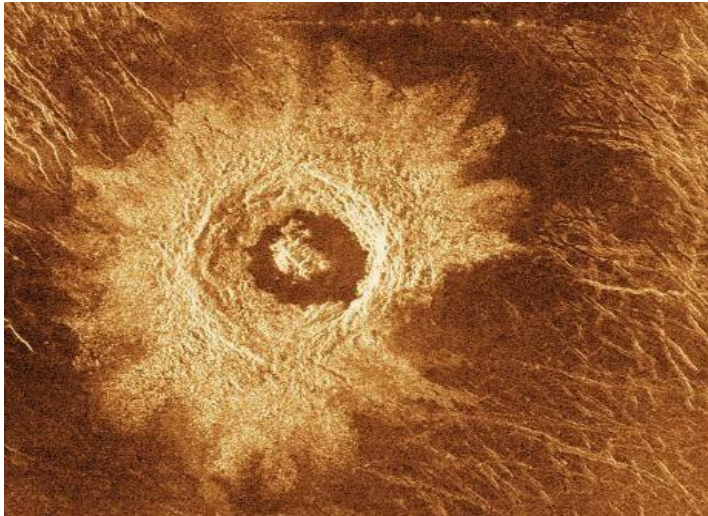
O interior de **Ishtar** consiste sobretudo de um **elevado planalto**, "**Lakshmi Planum**", rodeado pelas maiores montanhas de Vênus, incluindo o enorme "Maxwell Montes".

SUPERFÍCIE

...alguns detalhes

Apesar da densa atmosfera que dificulta as observações diretas da superfície, foi possível registrar que a maioria da superfície possui **ondulações que cobrem 70%** do solo, da ordem de **20% de planícies** (solo jovem), uns **10% de montanhas** e alguns detalhes que podem ser observados nas figuras abaixo

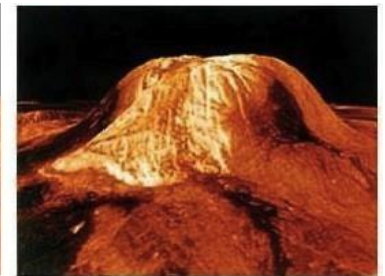
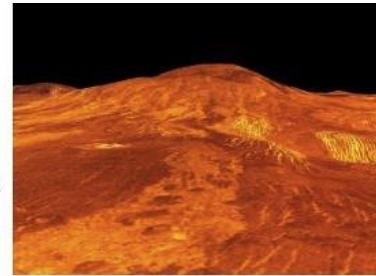
"Vulcão Escudo" visto de cima



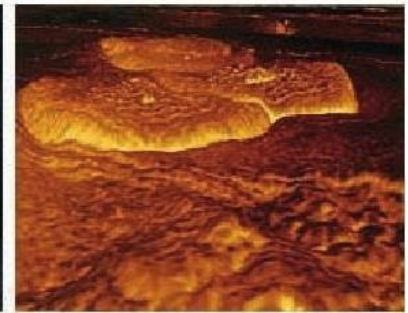
Caldera: 40 km de diâmetro

Venus

Sif Mons: vulcão
escudo
diâmetro ~ 500km
altura ~ 3 km
caldera ~ 40km

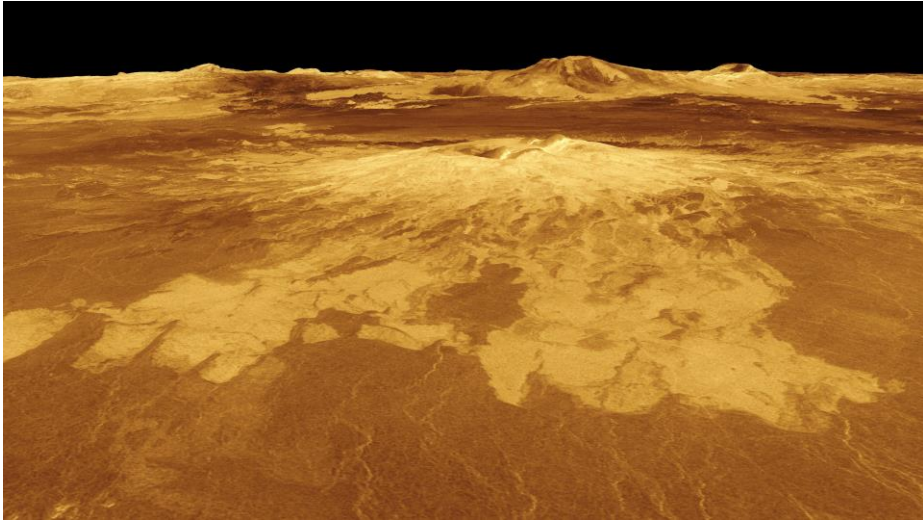


Gula Mons: ~4km
caldera ~ 100km

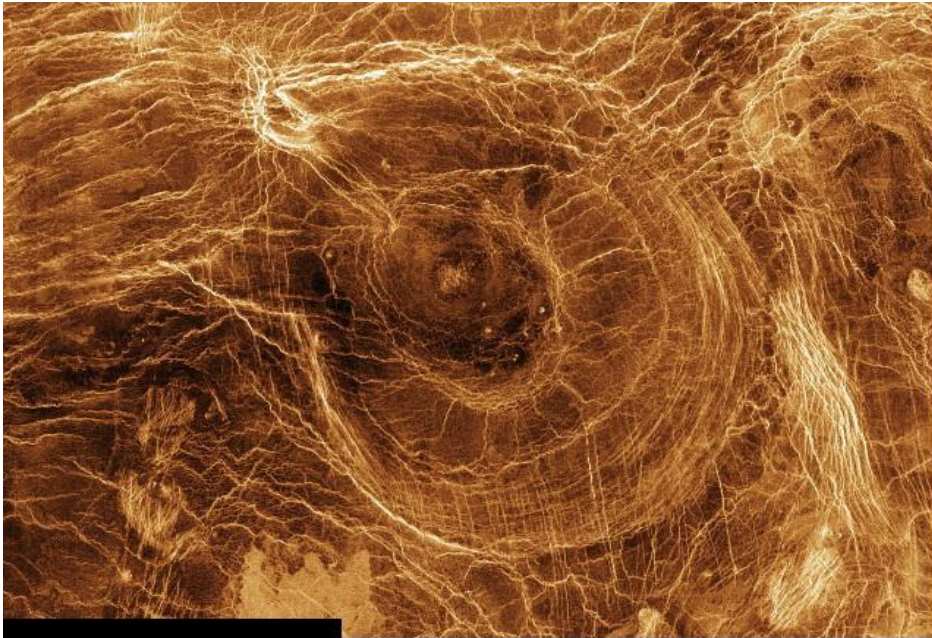


Domes: lava viscosa homogênea, ~ circulares, ~25km x ~2km

Estruturas associadas a atividades vulcânicas na forma de montanhas com crateras no topo, jatos e escoamento de lavas, estruturas circulares (coroas – únicas em Vênus) etc.



Dados enviados pela sonda Magalhães mostram que muito da superfície de Vênus está coberta por correntes de lava, indicando que se está observando um solo jovem.



Estruturas semelhantes a aracnóides e teias de aranha também são observadas.

São grandes estruturas que se estendem por mais de 200 Km, e até o momento 30 estruturas deste tipo foram identificadas.

Encontradas somente na superfície de Vênus, cuja origem e natureza é ainda desconhecida.

Crateras de impacto são **raramente observadas**, indicando que a **superfície é jovem (300-500 milhões de anos)**, e são **comuns no hemisfério sul**.

As crateras são muito grandes, pois devido a densa atmosfera, somente os **grandes meteoros** conseguem atravessá-la.

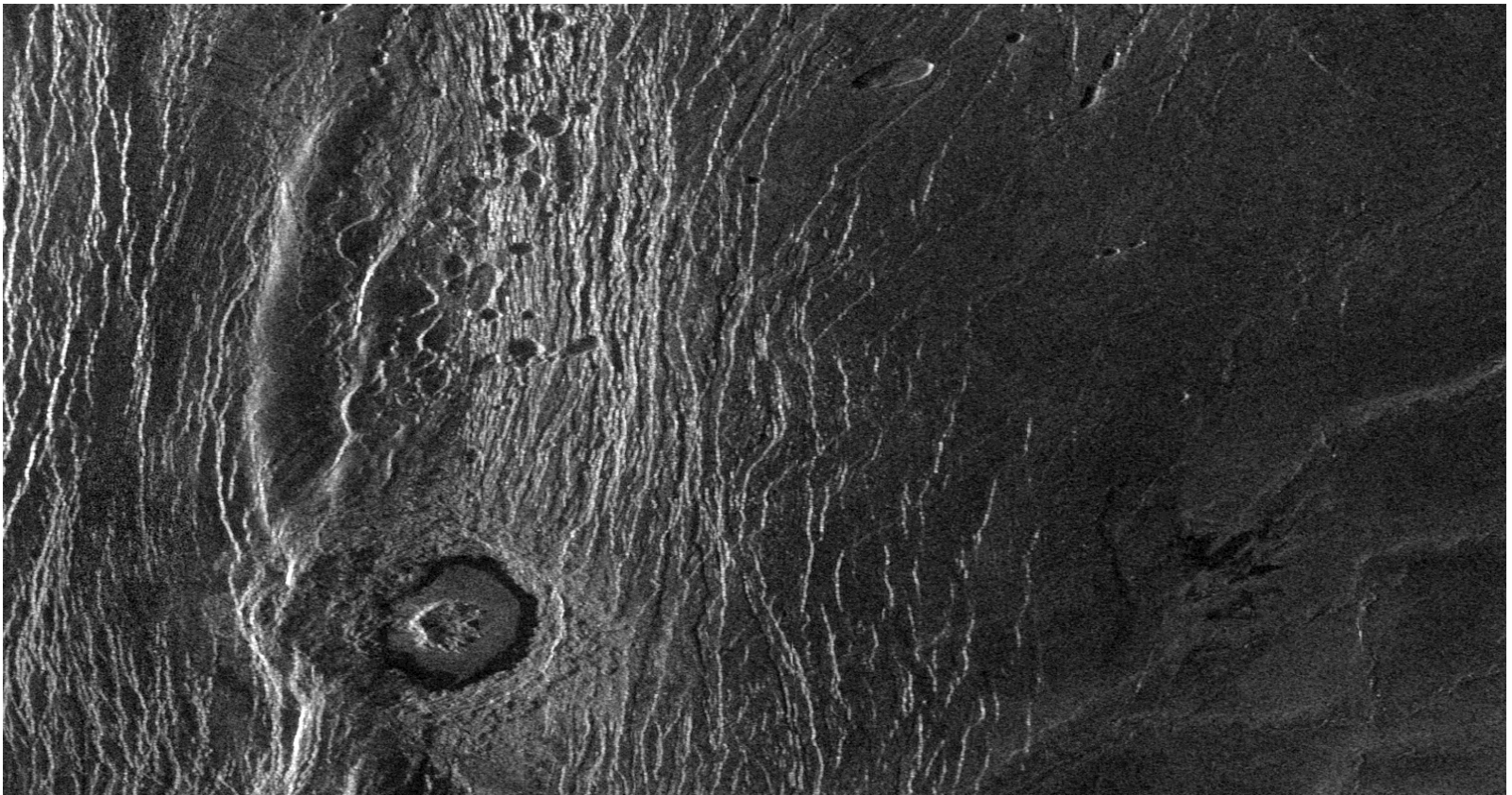
Os terrenos **mais velhos têm idade da ordem de 800 milhões de anos**.



Cratera tem 69 km de diâmetro. Material brilhante que circunda a cratera pode ter sido ejetado no impacto, ou resultado do fluxo vulcânico liberado no impacto.

Pequenas crateras observadas em Vénus parecem surgir em grupos indicando que os grandes meteoritos que atingem a superfície usualmente se partem na atmosfera.





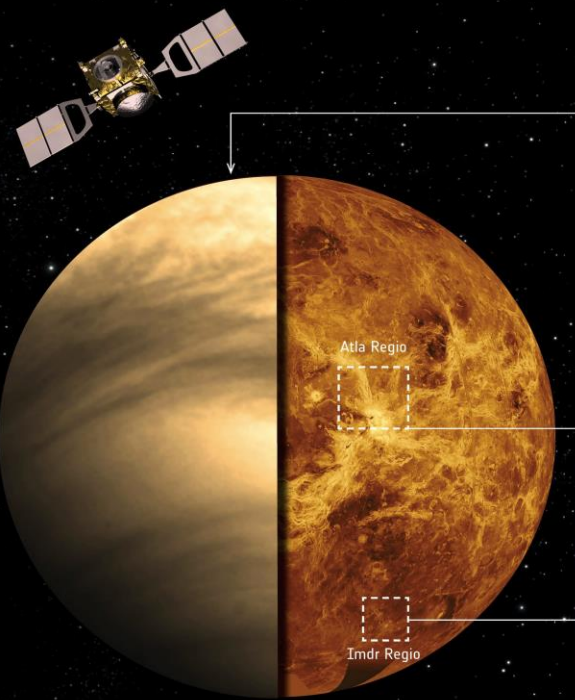
Muitas características observadas na superfície parecem ter sido resultado de atividades tectônicas. Sugerem poucos movimentos e são mais duras que as da Terra.

Alguns exs são: montanhas elevadas, sistemas lineares de cordilheiras, valas e ranhuras horizontais formadas por pressão ou compressão.

SUPERFÍCIE e INTERIOR

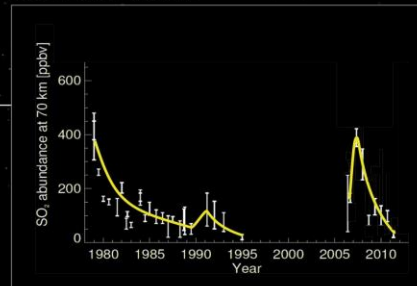
Dados recentes de junho de 2015 confirmam presença “atual” de atividades vulcânicas, mas apenas em alguns pontos quentes (fig.); nas últimas centenas de milhares de anos tem estado geologicamente relativamente calmo.

→ EVIDENCE FOR ACTIVE VOLCANOES ON VENUS



Left: False-colour image of Venus cloud tops (credits: ESA/MPS/DLR/IDA); right: Magellan radar map of Venus (credits: NASA/JPL). The cloud tops image is a local view over high southern latitudes whereas the radar image is a global view centred on the equator.

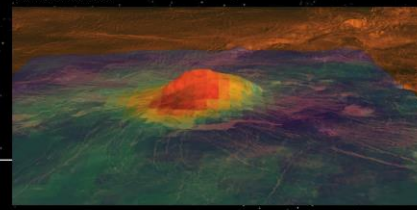
ATMOSPHERIC CHANGES



The rise and fall of sulphur dioxide (SO_2) in the upper atmosphere of Venus over the last 40 years, seen by NASA's Pioneer Venus and other spacecraft between 1978 and 1995, and ESA's Venus Express between 2006 and 2012. A possible explanation is the injection of SO_2 into the atmosphere by volcanic eruptions.

Credits: E. Marq et al (2012)

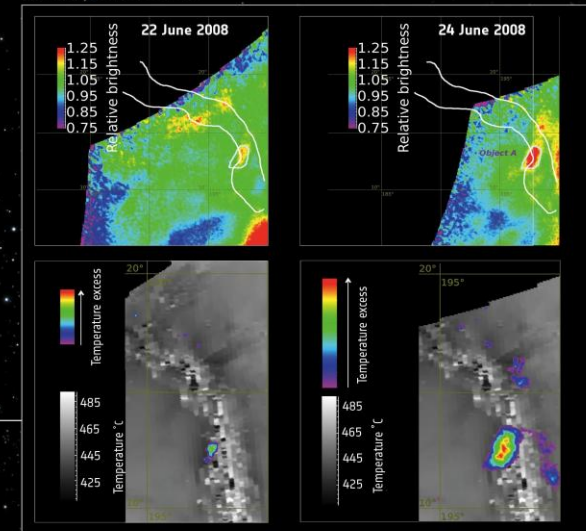
YOUNG LAVA



Venus Express found that the area around Idunn Mons in Imdr Regio was unusually dark compared with its surrounds, suggesting a different, younger, composition, pointing to lava flows within the last 2.5 million years. The map shows near-infrared emissivity; red-orange is high emissivity (darkest), purple is the lowest emissivity.

Credits: ESA/NASA/JPL/S. Smrekar et al (2010)

TRANSIENT HOT SPOTS

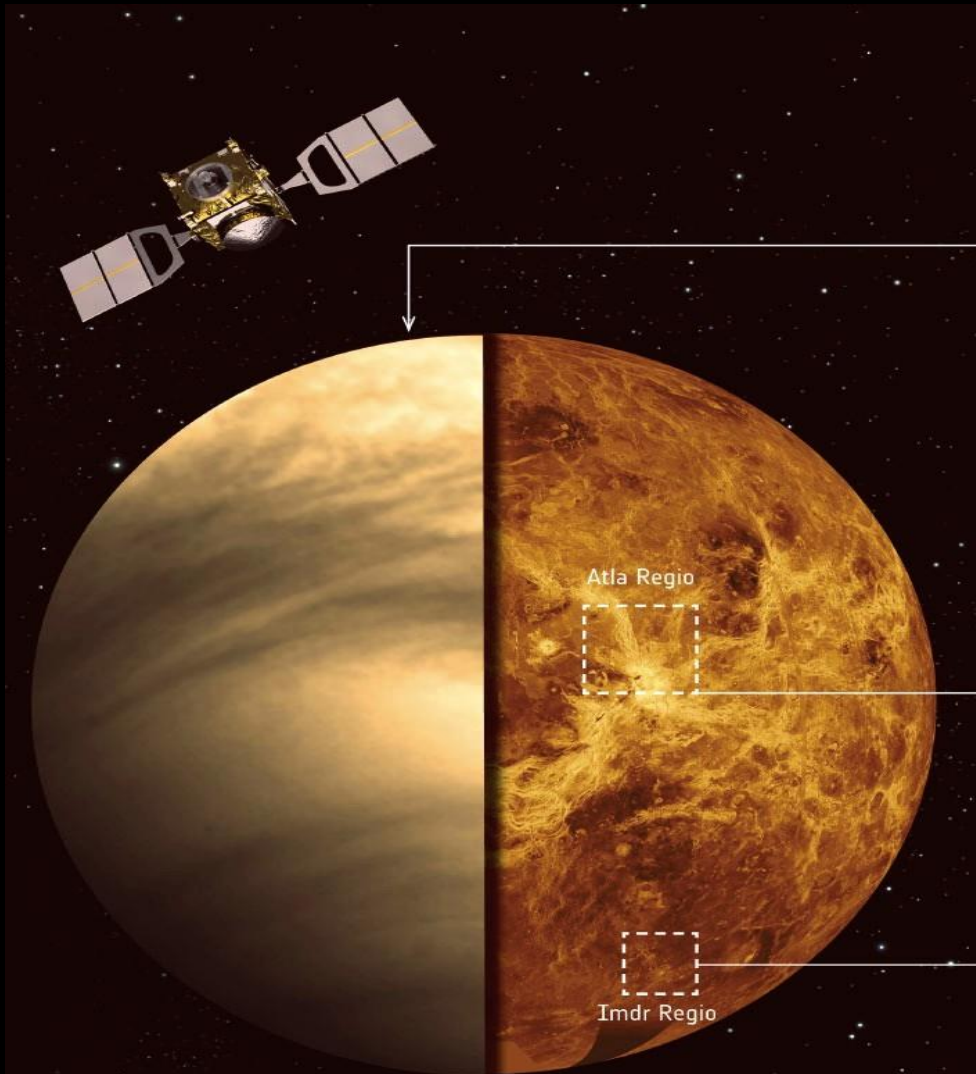


Four transient hotspots were detected by Venus Express in the Ganiki Chasma rift zone in Atla Regio (labelled Objects A–D in the radar map, right). Changes in relative brightness (top row) and temperature (bottom row) are shown for Object A. Some changes due to clouds are also visible in the top row. The bottom row shows the temperature excess compared with the average surface background temperature. Taking into account atmospheric effects, hotspot A is likely only 1 square km with a temperature of 830°C.

Credits: E. Sholynin et al (2015)

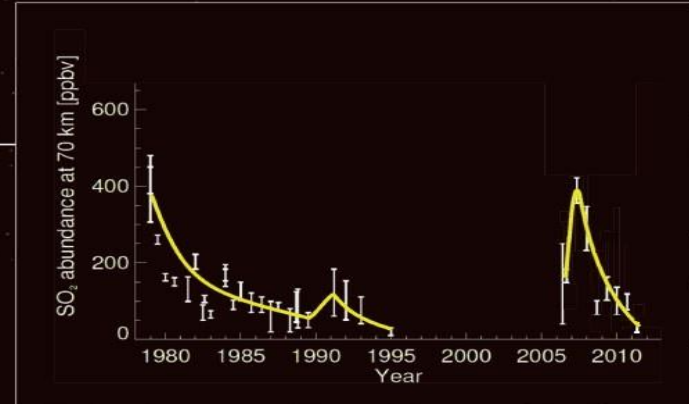


Atmosfera e Região Imdr



Left: False-colour image of Venus cloud tops (credits: ESA/MPS/DLR/IDA);
right: Magellan radar map of Venus (credits: NASA/JPL)
The cloud tops image is a local view over high southern latitudes
whereas the radar image is a global view centred on the equator.

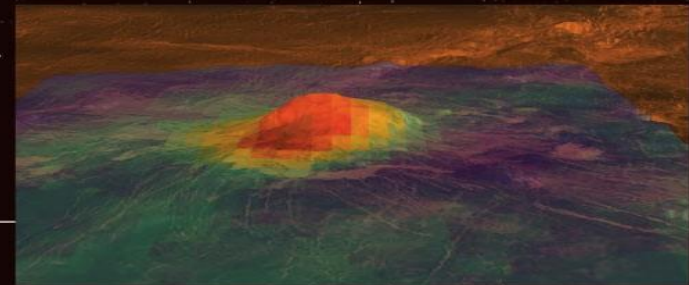
ATMOSPHERIC CHANGES



The rise and fall of sulphur dioxide (SO₂) in the upper atmosphere of Venus over the last 40 years, seen by NASA's Pioneer Venus and other spacecraft between 1978 and 1995, and ESA's Venus Express between 2006 and 2012. A possible explanation is the injection of SO₂ into the atmosphere by volcanic eruptions.

Credits: E. Marcq et al (2012)

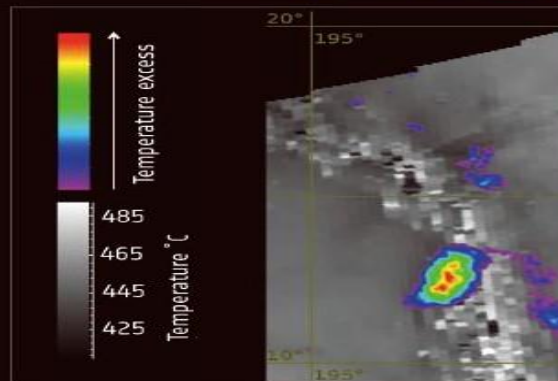
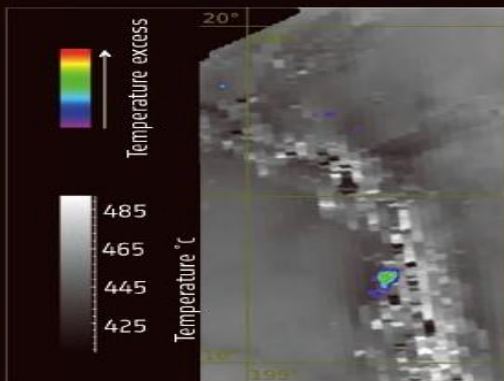
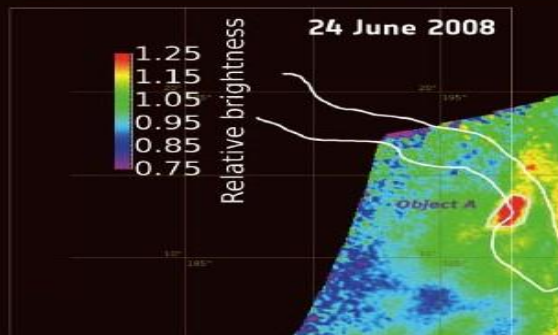
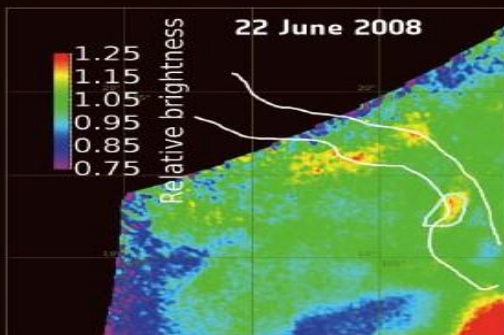
YOUNG LAVA



Venus Express found that the area around Idunn Mons in Imdr Regio was unusually dark compared with its surrounds, suggesting a different, younger, composition, pointing to lava flows within the last 2.5 million years. The map shows near-infrared emissivity; red-orange is high emissivity (darkest), purple is the lowest emissivity.

Credits: ESA/NASA/JPL/S. Smrekar et al (2010)

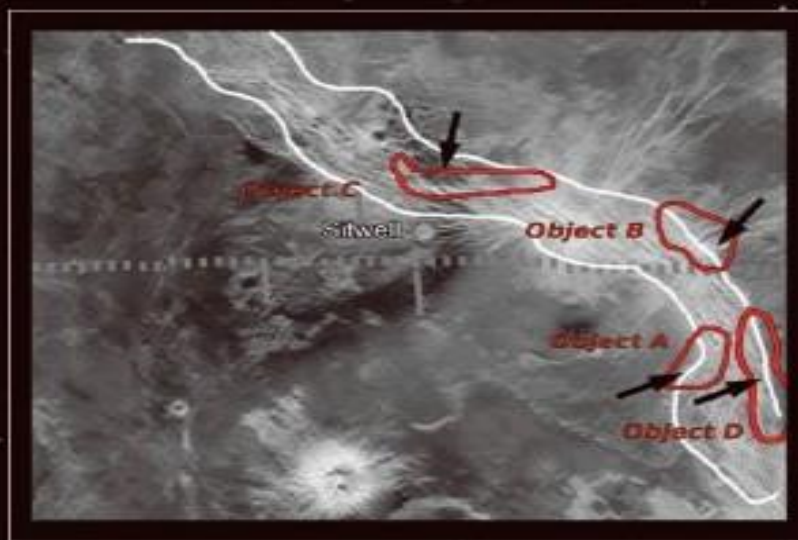
TRANSIENT HOT SPOTS



Dados da Região Atla

Four transient hotspots were detected by Venus Express in the Ganiki Chasma rift zone in Atla Regio (labelled Objects A–D in the radar map, right). Changes in relative brightness (top row) and temperature (bottom row) are shown for Object A. Some changes due to clouds are also visible in the top row. The bottom row shows the temperature excess compared with the average surface background temperature. Taking into account atmospheric effects, hotspot A is likely only 1 square km with a temperature of 830°C.

Credits: E. Shalygin et al (2015)



Campo Magnético não detetado

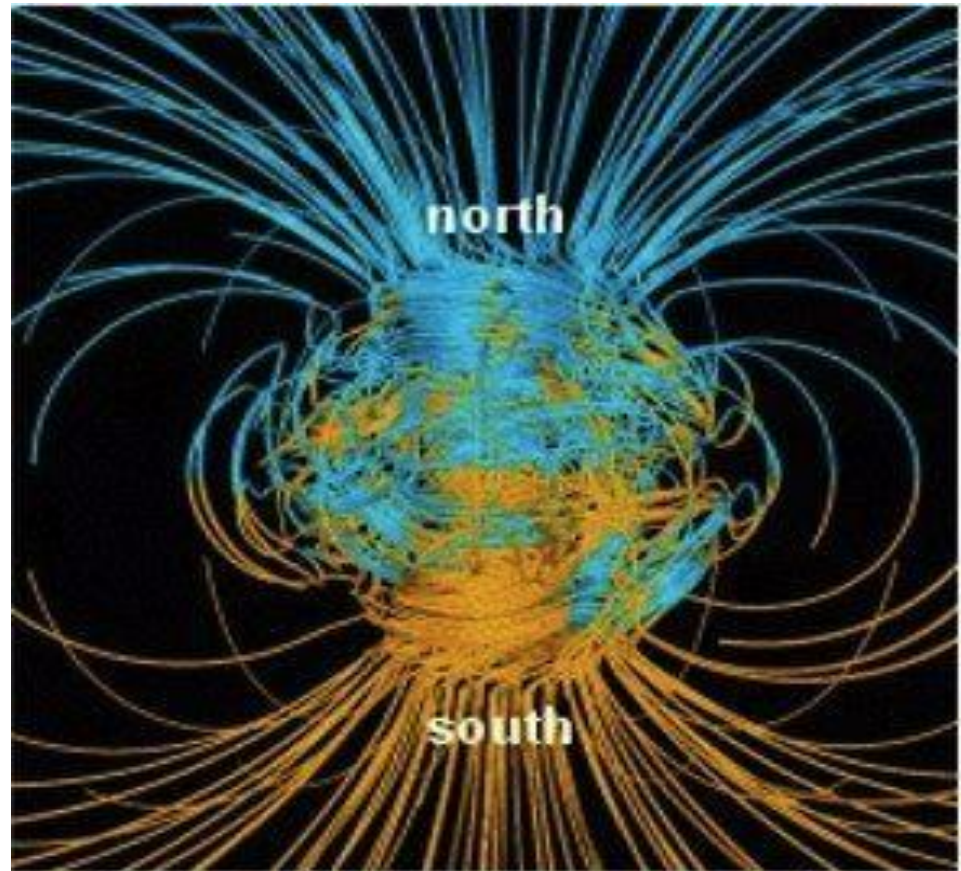
A origem de Campo Magnético em planetas está associada a um mecanismo que ocorre devido ao **atrito gerado entre o caroço externo, líquido, e o interno, sólido.**

Questiona-se então:

Não existe porque há ausência de caroço parcialmente derretido ?

Ou.....

é devido a baixa rotação ?



Entre a inversão dos polos

EVOLUÇÃO

Alguns cientistas acreditam que na fase inicial de formação de Vênus tenha sido criado um **oceano líquido**, criado via acreção de cometas.

Devido a **insolação**, ocorreu evaporação e liberação de vapor d'água na atmosfera criando o **efeito estufa**.

Como consequência, a **temperatura aumentou muito**, dissociou vapor, resultando em **átomos livres de H** que escapam da atmosfera, deixando-a densa em dióxido de carbono.

Similar a Terra em características gerais, mas **completamente diferente** nas condições de superfície e atmosfera, diferença esta atribuída a distância ao Sol.

Vênus

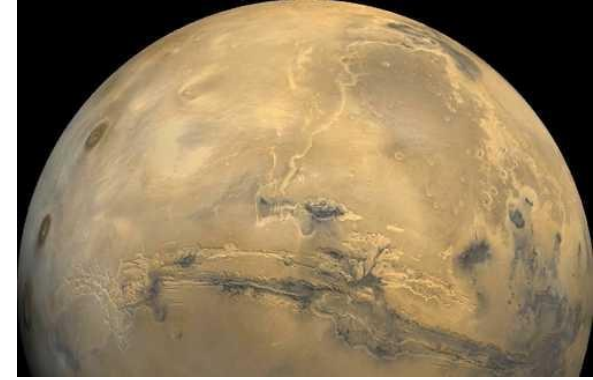
Habitável? Não



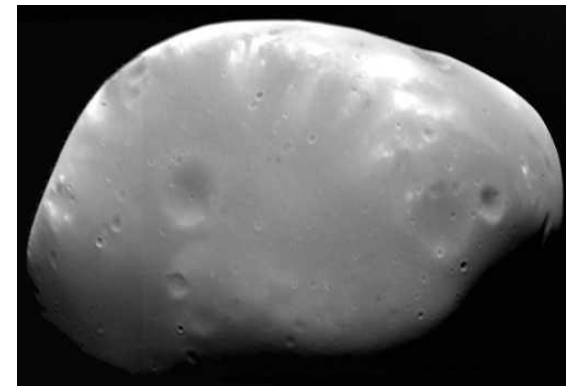
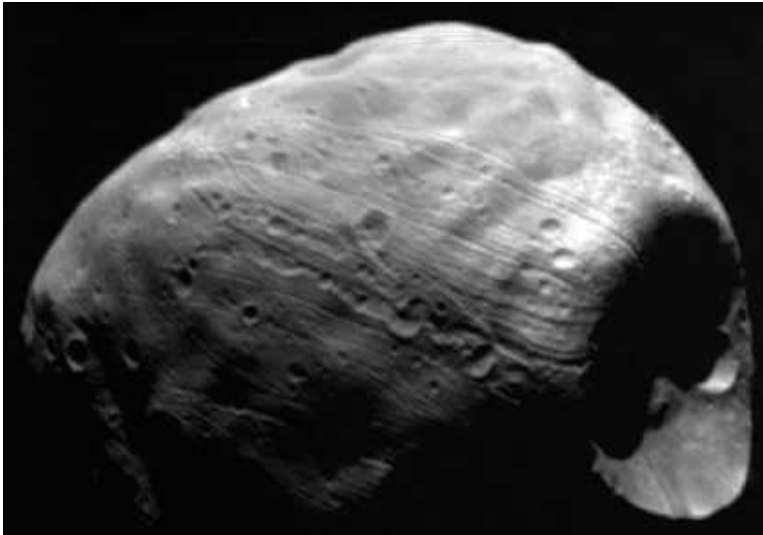
Marte

4º Sistema Solar: 227.940.000 km (1,52 UA)

Diâmetro: 6794 km

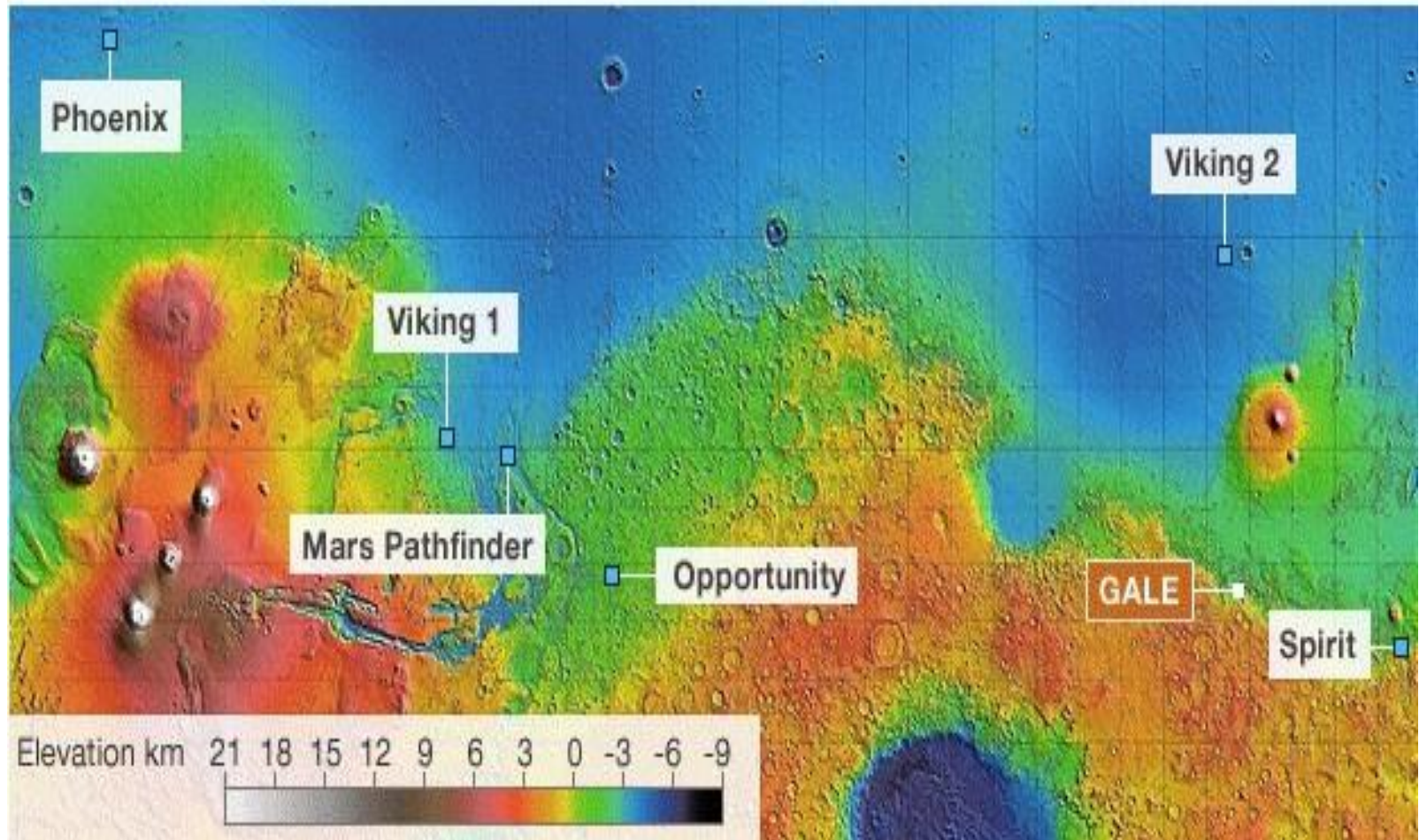


- 2 satélites (Fobos – 23 Km, Deimos – 13 km diâmetro) – descobertos em 1877;
...provavelmente asteróides capturados do Cinturão de Asteróides entre Marte e Júpiter.
- Várias missões da NASA para estudar a atmosfera e superfície. 8 bem sucedidas...
- Sondas em busca de água.



Sondas que visitaram Marte...

Previous landings



SUPERFÍCIE DE MARTE

Constituída por um solo basicamente de **planícies, crateras, montanhas, vales e vulcões**.

A maioria das **planícies estão ao norte** do planeta, "alisadas" por camadas de lavas provenientes de vulcões.

No **hemisfério sul** do planeta existem **planaltos e crateras** semelhantes às da Lua, mas a existência de atmosfera em Marte põe limite nesta semelhança, devido à ocorrência de **erosão** ao longo dos anos.

Marte tem grande quantidade vulcões: grandes (com 8 à 25 km de altura) e pequenos (com menos de 8 km de altura), apesar dos grandes prevalecerem. Em Marte está o **maior vulcão do sistema solar, o chamado "Monte Olimpo"**, de 25 km de altura e 600 de largura, ou seja, três vezes maior que o monte Everest, da Terra

Marcada por sistemas de canais e crateras, com solo estéril e rochoso com evidências de erosão (sistemas de rios, lagos, etc). Atividades tectônicas mínimas

A cor avermelhada de Marte é devido à oxidação do ferro nas rochas, regolito (“solo” marciano) e também da poeira, que lançada na atmosfera e devido a distância faz com que o planeta pareça quase todo vermelho

SUPERFÍCIE DE MARTE



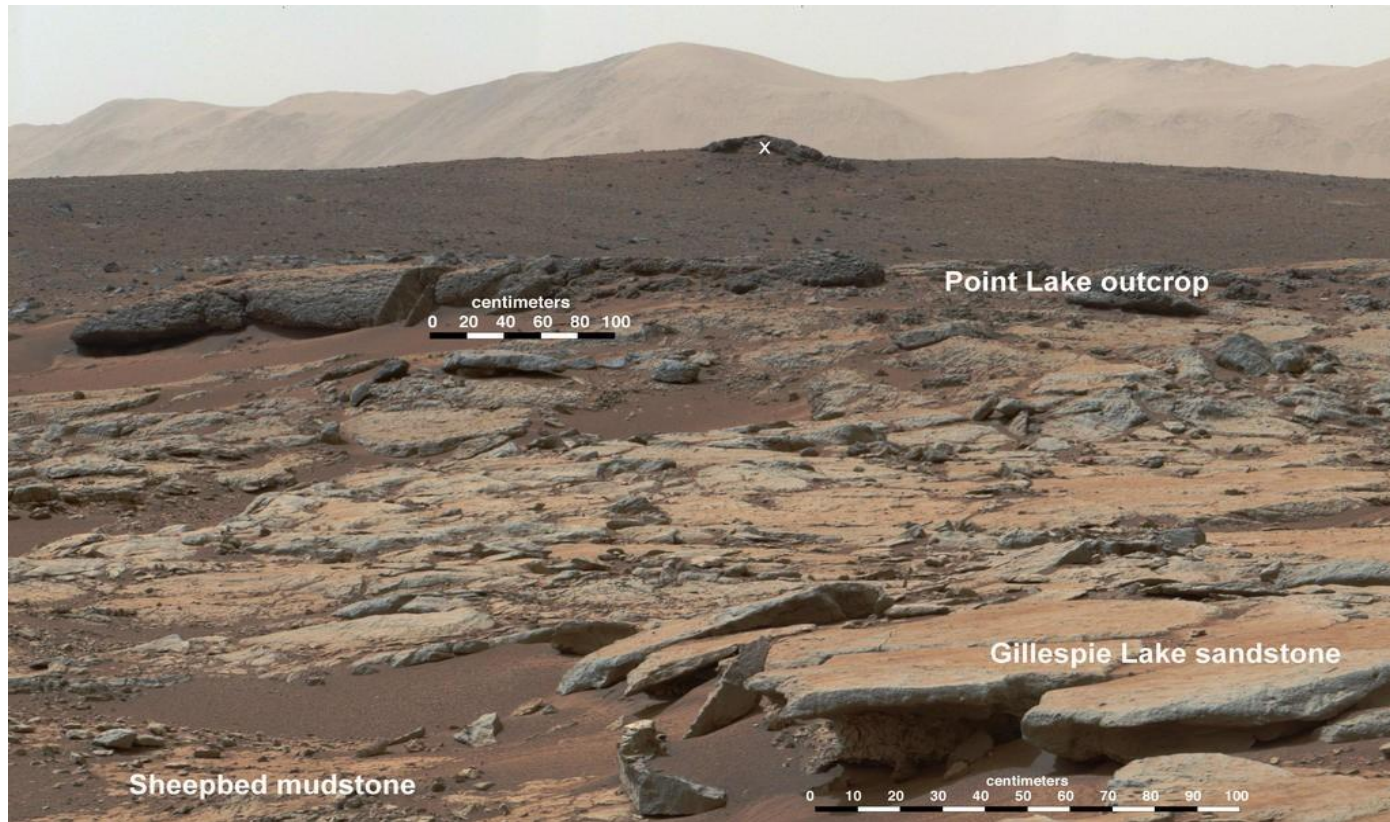
Hemisfério Norte: maioria coberto por planície → portanto + jovem

Hemisfério Sul: 25% por platôs, montanhas e crateras (~Lua) → mais velhas



Superfície

...áreas de erosão



Marcada por sistemas de canais e crateras com solo estéril e rochoso e com evidências de erosão (sistemas de rios, lagos, etc).

"A circulação da água ocorreu a vários quilômetros de profundidade, há 3.7 bilhões de anos, antes que a maior parte das crateras na região tivesse sido formada," diz o coautor do estudo, Nicolas Mangold.

SUPERFÍCIE

Presença de enormes **vulcões inativos** (maiores do Sistema Solar)

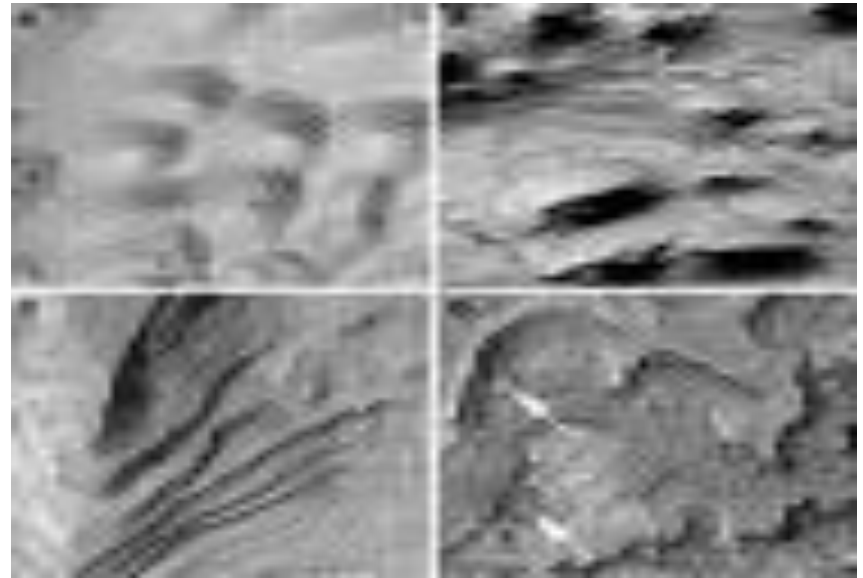
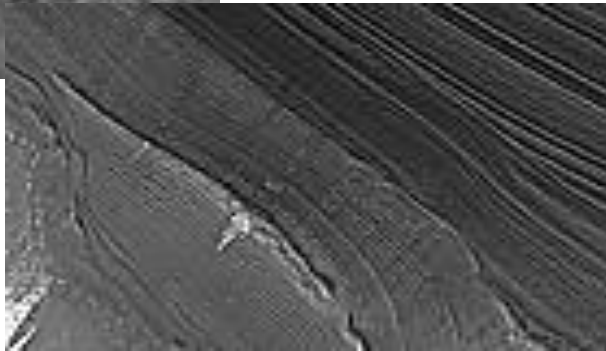
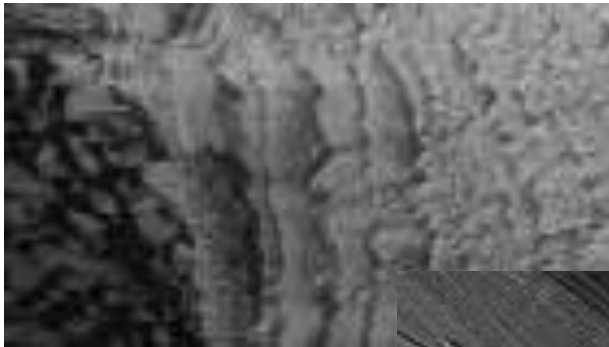
ex. “Olympus Mons”

- altura = 27 Km (3x everest)

- base = 700 Km



Dunas (reg. escura) e rochas; escarpas; fissuras



Superfície

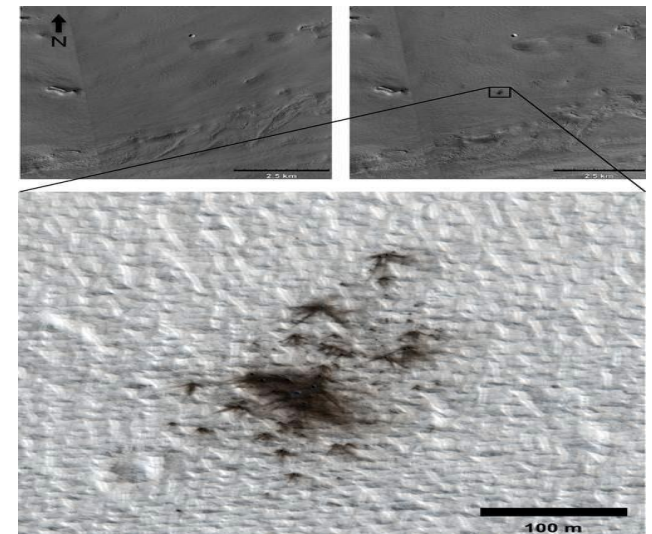
...crateras de impacto

As crateras de impacto são objeto de estudo para a história de evolução das superfícies planetárias: quanto mais profunda a cratera gerada pelo choque de um corpo celeste que entra na atmosfera, mais se consegue **recuar no tempo**.

As rochas expostas pelo impacto permitem estudar o material que esteve escondido debaixo da superfície.

Focando na composição química das rochas incrustadas nas paredes das crateras, na orla e nas elevações centrais, bem como nos materiais que as rodeiam, os cientistas identificaram 175 locais com **minerais formados na presença de água**.

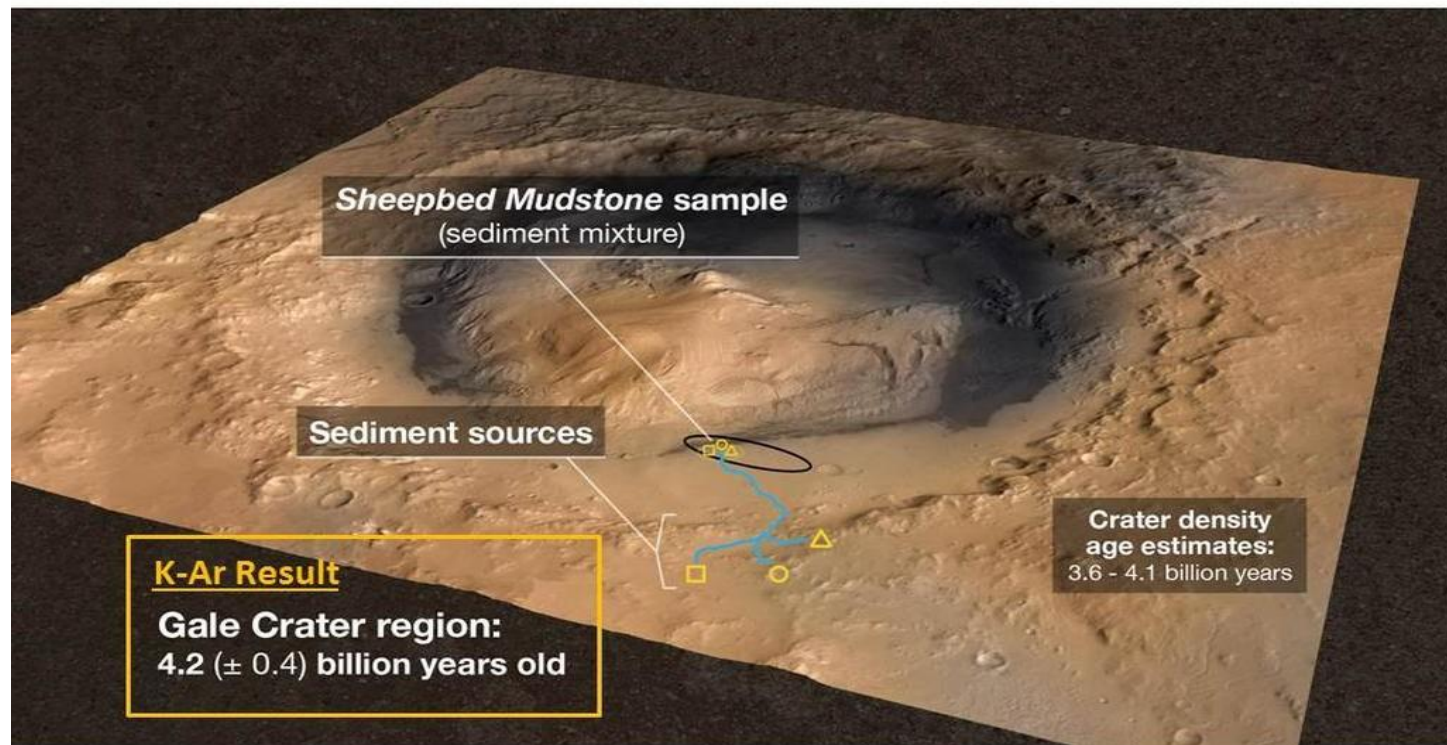
Análises das imagens estimam que o planeta é **bombardeado por mais de 200 pequenos pedaços de asteróides ou cometas, por ano**, formando crateras com pelo menos 3,9 metros de diâmetro.

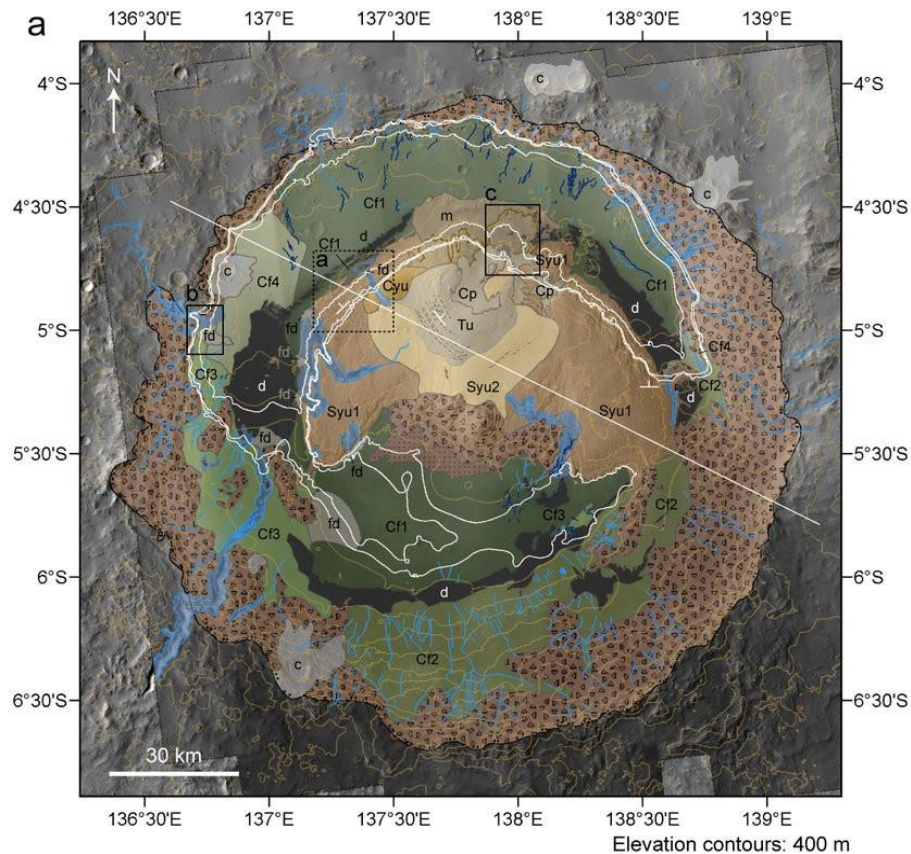


Uma das áreas analisadas

...datação, elementos químicos presentes

K-Ar Age Determination of Sheepbed Mudstone





Fluvial, eolian, and impact landforms

- Sinuous ridges
- Valleys
- Canyons
- d Dark dunes and superficial material
- c Impact craters w/ lobate ejecta

Crater fill units

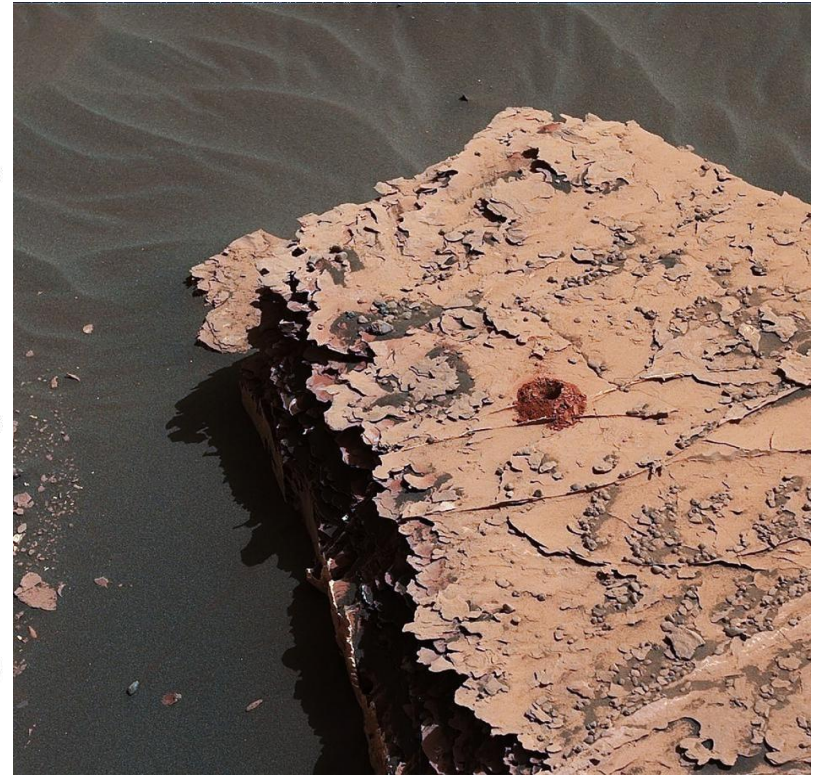
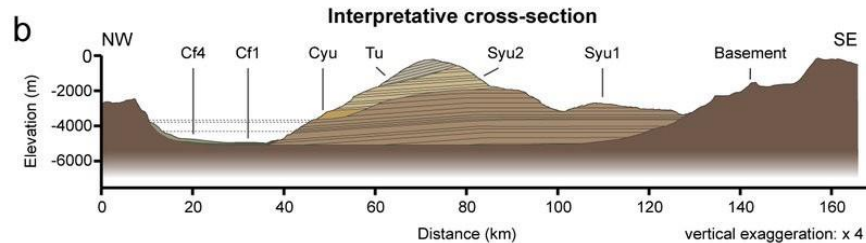
- fd Fan-shaped deposits
- Cf4 Crater fill unit 4
- Cf3 Crater fill unit 3
- Cf2 Crater fill unit 2
- Cf1 Crater fill unit 1

Mound units

- Layering
- Cp Caprock unit
- Tu Terraced unit
- Syu2 Small yardang unit 2
- Cyu Coarse yardang unit
- Syu1 Small yardang unit 1

Basement and slide materials

- m Mass-wasting deposits
- Debris slope
- Basement
- Isohypsies: -3700 m -3800 m -4300 m



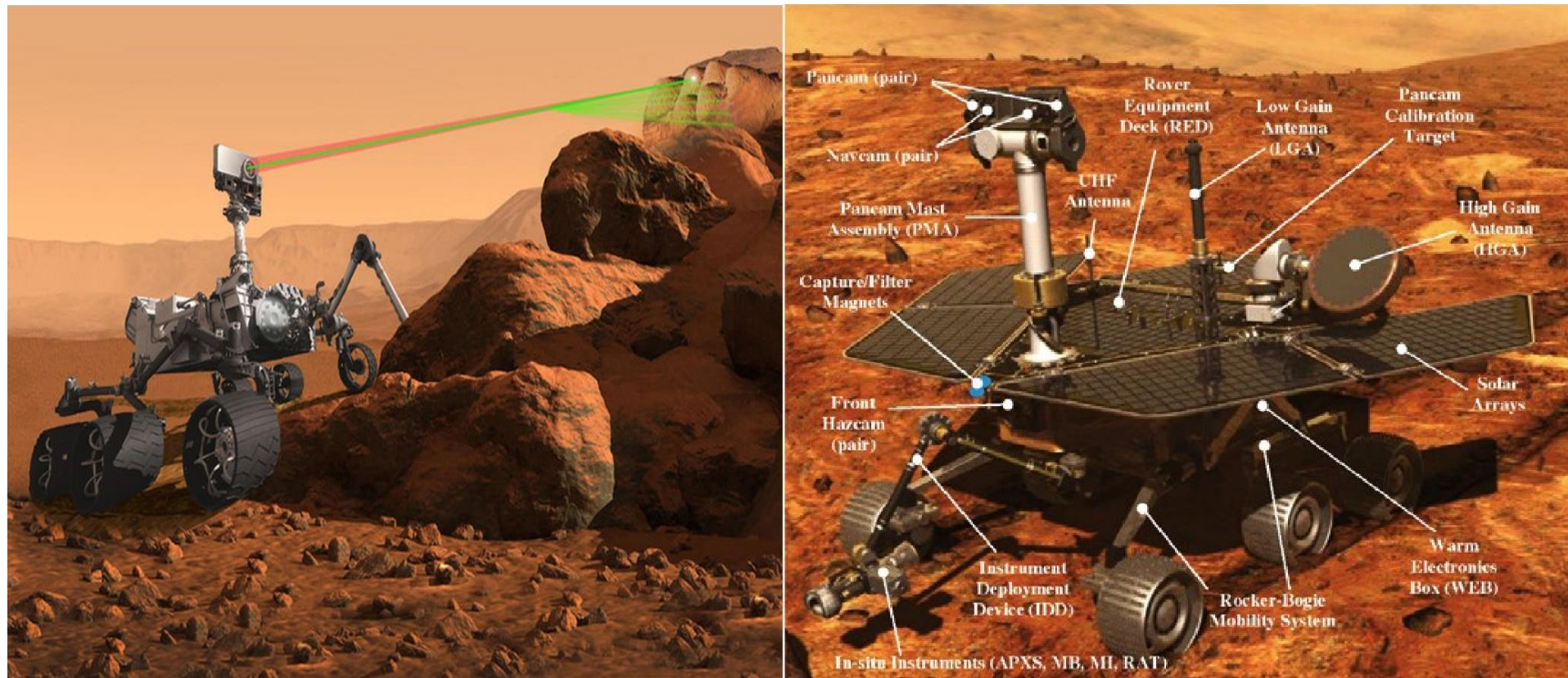
Junho de 2018

news.nationalgeographic.com/2018/06/mars-organic-compounds-methane-curiosity-space-science/

Building Blocks of Life Found on Mars - Carbono, cloro, enxofre, metano na atmosfera. O rover Curiosity da NASA perfurou esse buraco de 2,5 cm de profundidade em uma rocha marciana.

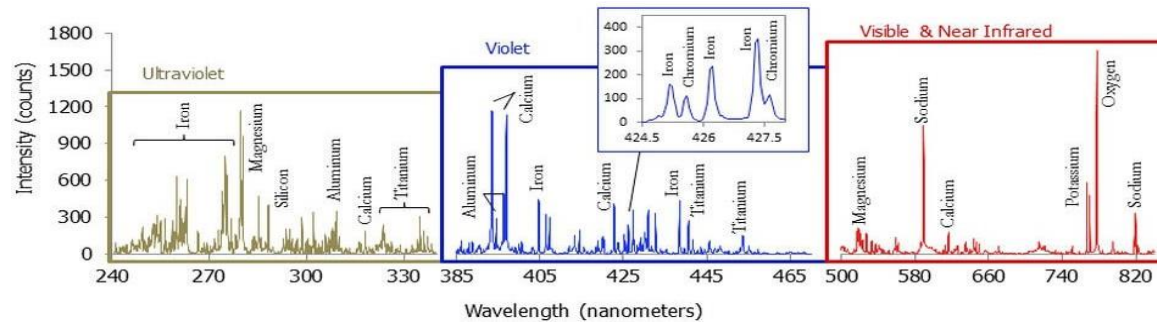
Concepção dos robôs que operam na superfície

...e os instrumentos que carregam para análise científica do solo



http://mars.nasa.gov/mer/mission/spacecraft_surface_rover.html

<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/images/?ImageID=5763>



Análise química da **rocha Ithaca**:

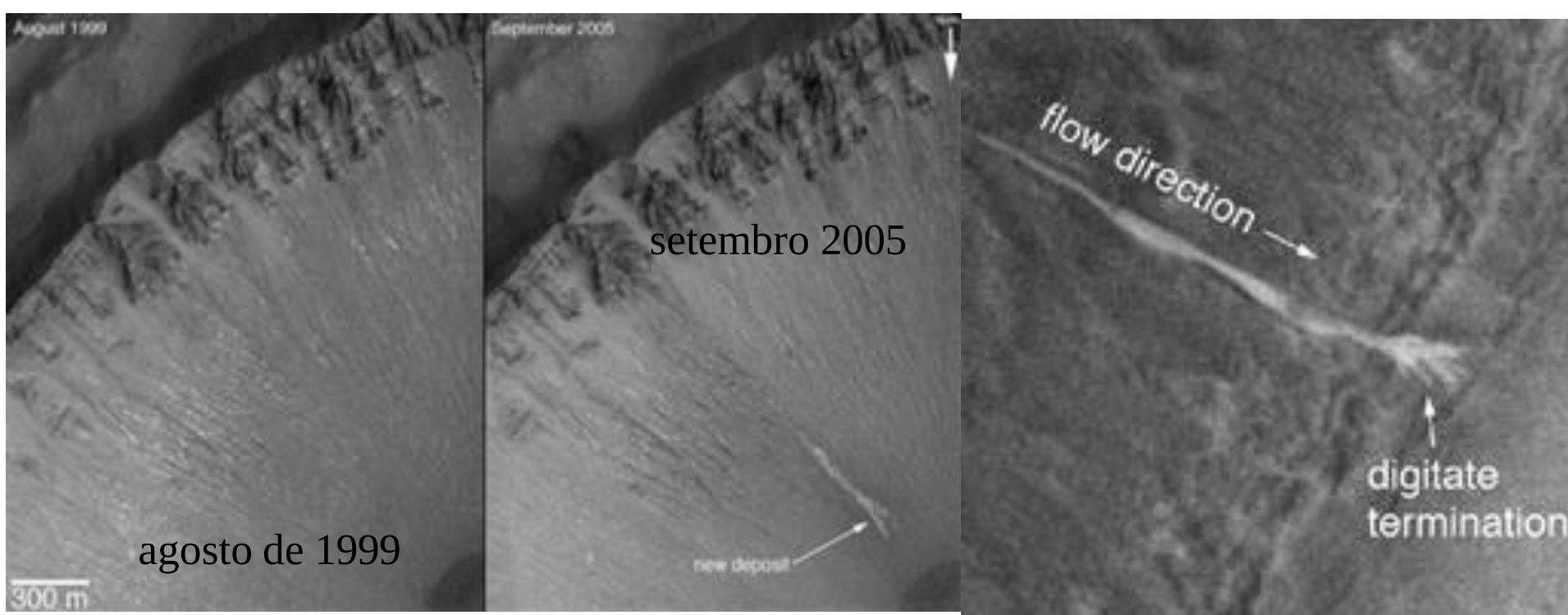
Obtido pela “Chemistry and Camera Instrument (ChemCam)” do Curiosity rover, o gráfico acima representa o espectro típico de (basalto) de material marciano vulcânico.

Técnica: o instrumento mede a intensidade da luz no ultravioleta, visível e infravermelho emitida por um laser sobre a rocha.

Embora **Ithaca** seja **sedimentar** (compostas por sedimentos transportados pela água, gelo ou vento) ela apresenta material originado de **material vulcânico**. Os elementos identificados na rocha a partir do espectro incluem um grande conjunto de elementos de padrão de **silício, magnésio, alumínio, cálcio, sódio, potássio, titânio e oxigênio. Cromo e manganês**, também estavam presentes.

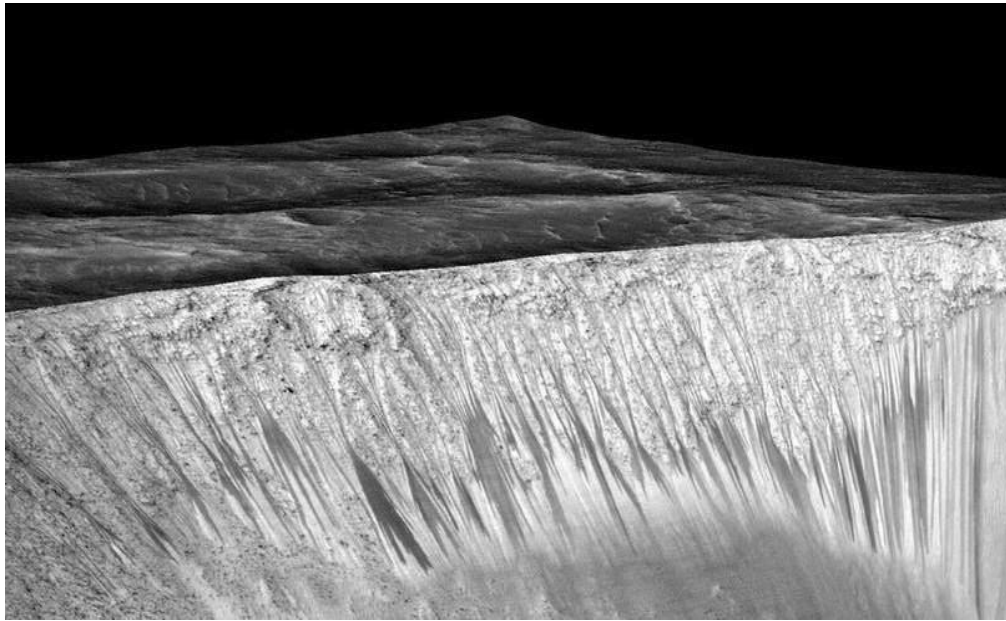
Imagens obtidas pela sonda “Mars Global Surveyor” da parede de uma cratera.

A última figura mostra a aparência de um novo depósito, de cor clara, possivelmente devido à **água corrente**.



Eles encontraram marcas reveladoras de sais que só se formam na presença de água em canais estreitos nas encostas de rochedos por toda a região equatorial do planeta.

Água em Marte



Esses declives, são relatados pela primeira vez em 2011, surgem durante os meses quentes do verão marciano e desaparecem quando as temperaturas caem

Qual a interpretação desta constatação?

Em 28 de Setembro de 2015 a NASA divulga uma das maiores informações sobre o planeta: ...o fato de a água aparecer em determinadas estações e relacionadas a variações nas temperaturas e desaparecer quando as temperaturas caem é interpretado como sendo devido a CICLOS HIDROLÓGICOS (ainda em fase de pesquisas ... ver artigo abaixo)

07/10/2021 → <https://mars.nasa.gov/news/9054/nasas-perseverance-sheds-more-light-on-jezero-craters-watery-past/>

Este fato abre perspectivas para busca de pesquisa de vida microbiana, além da possibilidade de, na manipulação da água, obter-se combustível, oxigênio e também preparar missões tripuladas, já que o elemento vital se encontra presente no planeta.

Atmosfera



Fina e deve ter sido mais espessa, mas efeito estufa aqueceu atmosfera...

Composição: 95.3% CO₂; 2.7% N; 1.6 Ar; 0.15% O, 0.03 H₂O, pmas qdes outros gases

Vapor d'água é mínimo

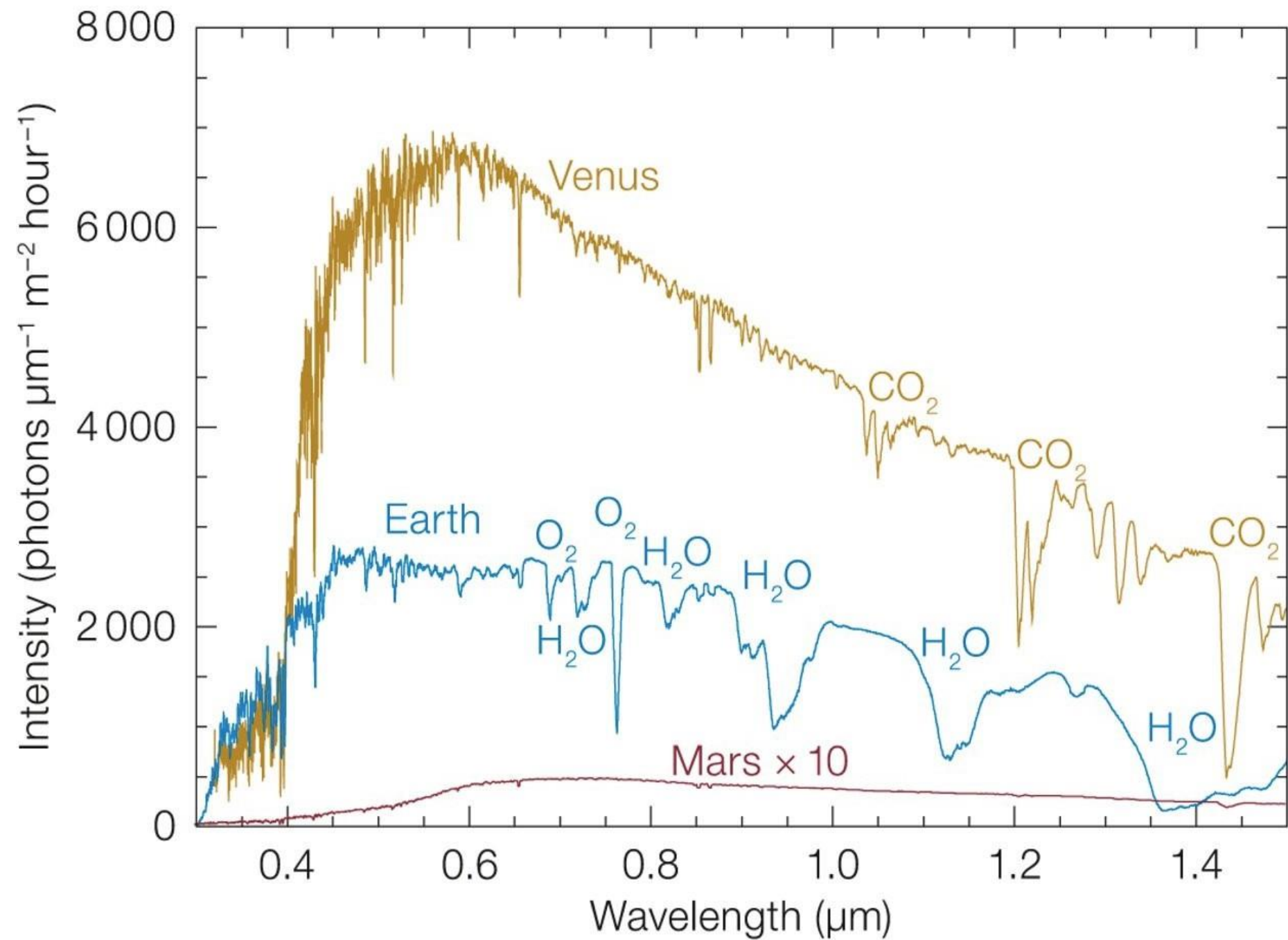
Devido inclinação 24 graus

Possui estações (qdo é inverno no HN é verão HS)

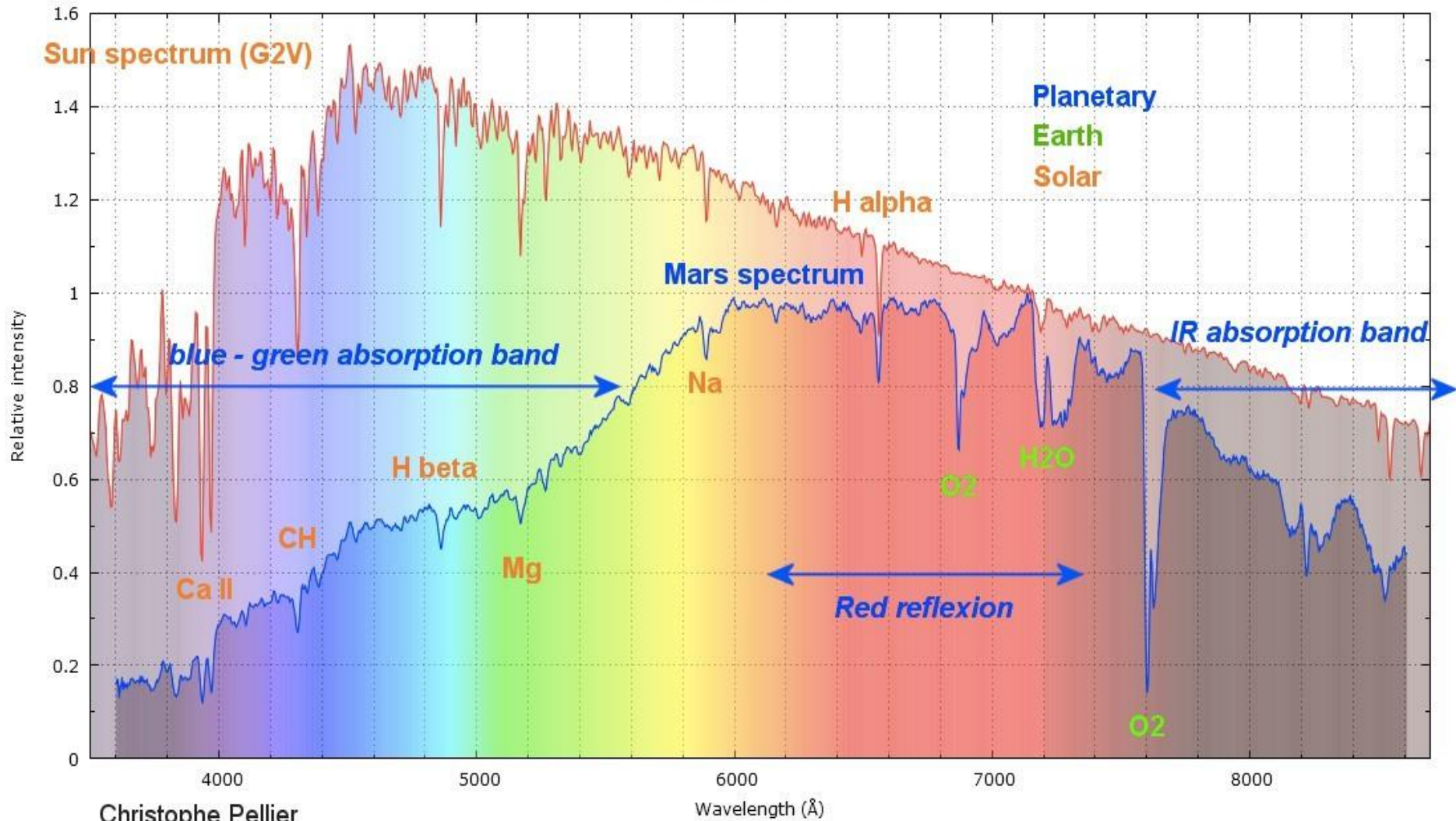
Suaves no HN, violentas no HS no verão: devido a maior insolação são disparadas tempestades de poeira fina, globais, que cobrem o planeta inteiro c/ variação de cor obs...

Variação temperatura (inverno -133 C < T < 27 C verão)

Complexo e variável regime de ventos, porém com pouco impacto devido a fina espessura atms.



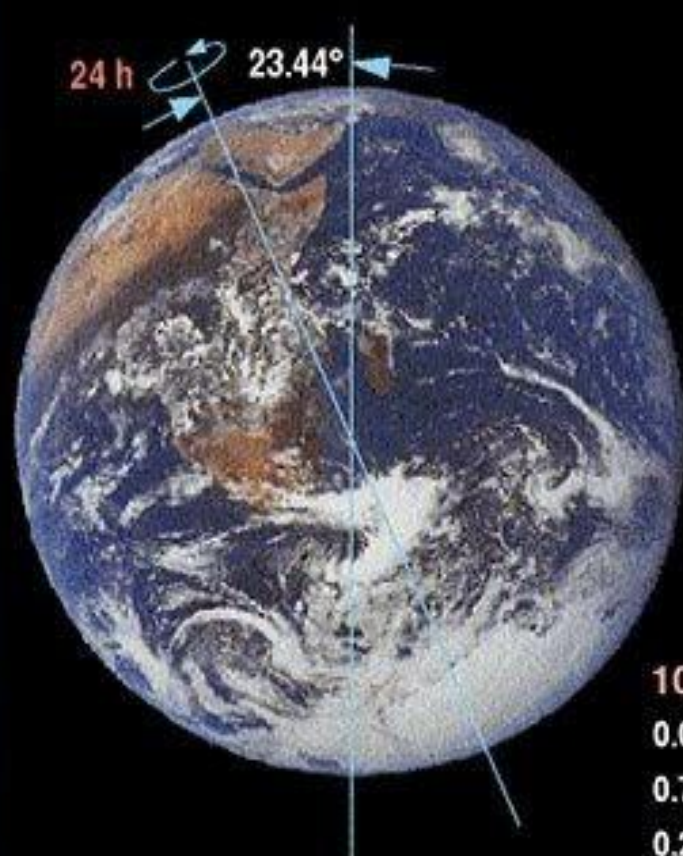
Mars color spectrum - comparison with Sun spectrum 2020/11/05



EARTH

COMPARISON

MARS



YEAR
365 Days 686 Days
(667 Sols)

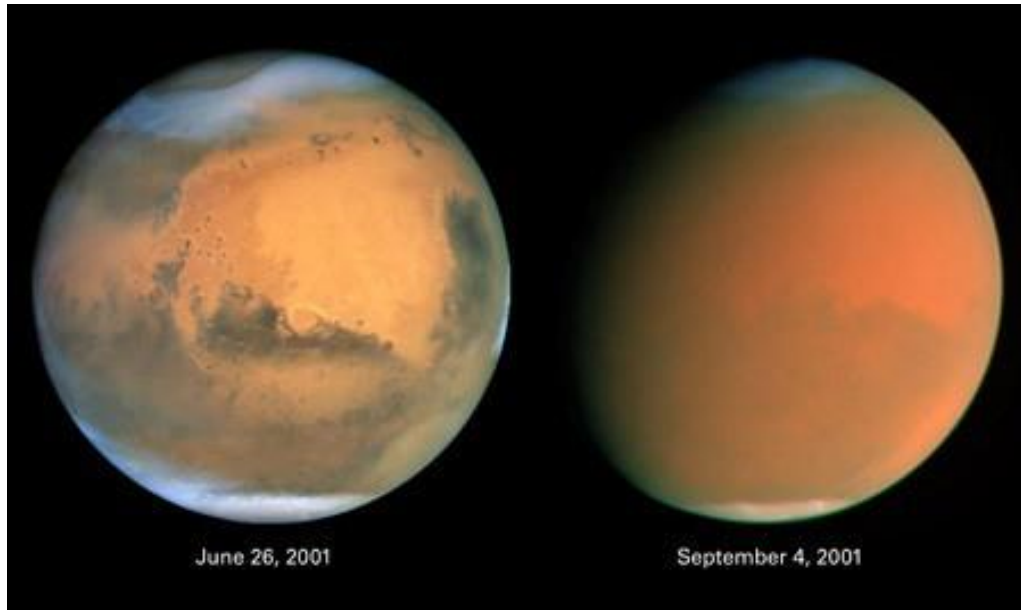
GRAVITY
38% of earth

SUNLIGHT
44% of earth

ATMOSPHERE		
1013mb	Total	7.6 mb
0.00035	CO ₂	0.95
0.781	N ₂	0.027
0.210	O ₂	0.0013
0 to 0.04	H ₂ O	0 to 0.00021
0.0093	Ar	0.016



Tempestades de Poeira Fina

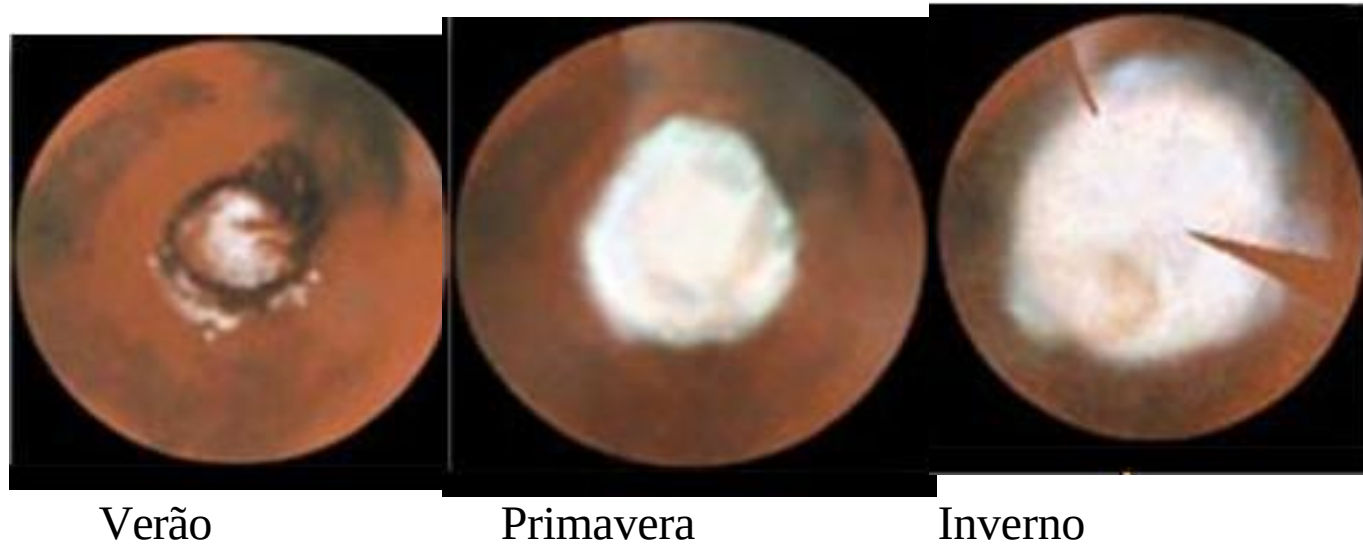


PN
Água congelada

PS
gelo seco
(SO₂)

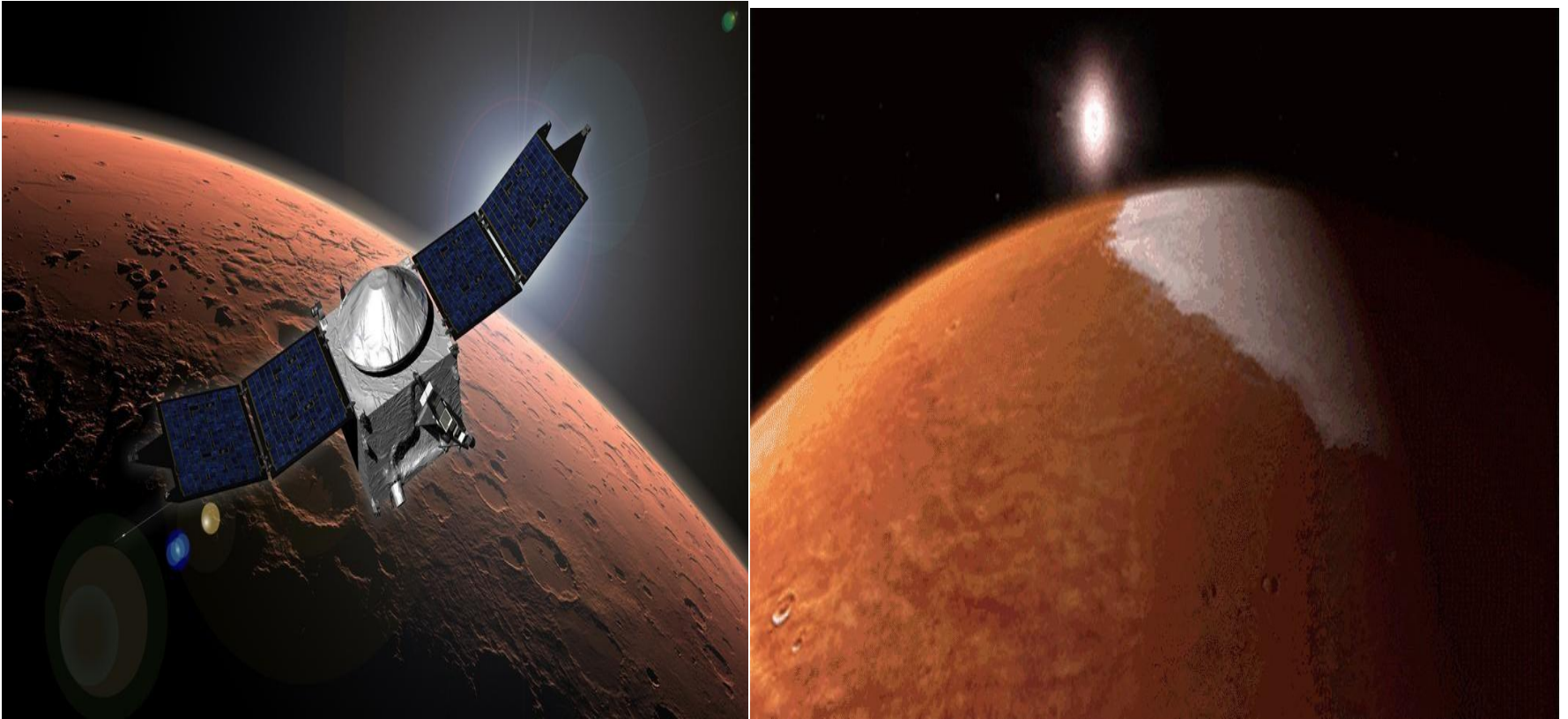
Calotas polares nas
diferentes estações

Inclinação eixo rot. (24°)
estações do ano



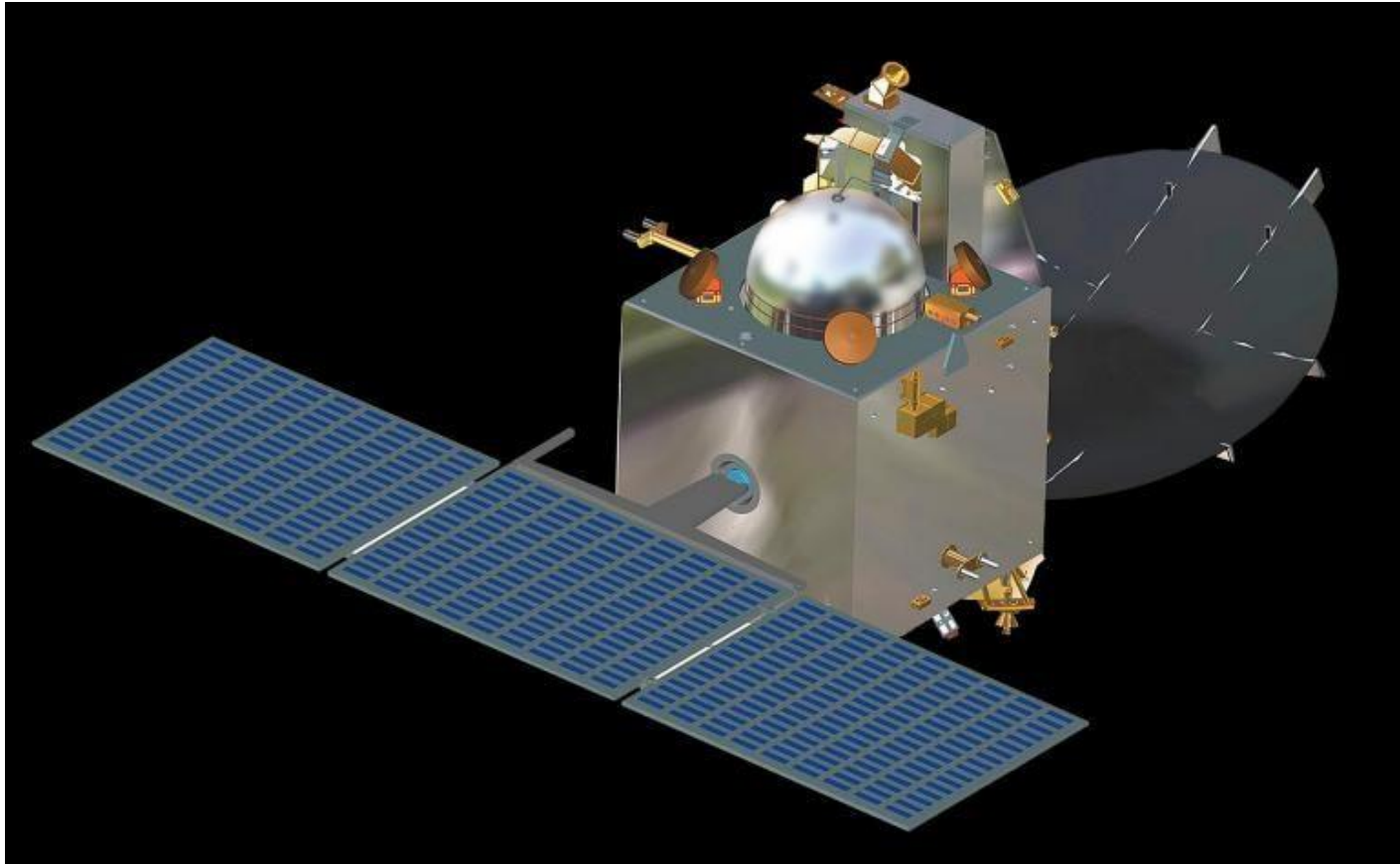
Missão Maven (Mars Atmosphere and Volatile Evolution) - NASA

...atingiu o planeta em 21/09/2014, destinada a entender a modificação na atmosfera superior e no clima do planeta vermelho ao longo do tempo (6 meses a 1 ano).



Alguns indícios mostram que o planeta possuía no passado água líquida em abundância. Deveria, portanto, ter uma atmosfera mais densa, que geraria gases (CO_2) do efeito estufa, aquecendo o planeta. A questão a ser investigada é para onde foram a água e o CO_2 ?

Mangalyaan – satélite indiano entrou na órbita de Marte em 23/09/2014
...para medir a presença de metano na atmosfera do planeta



<http://www.space.com/topics/india-mars-orbiter-mission/>

Planetas com alto **desequilíbrio químico atmosférico** devem ser os principais alvos de missões espaciais, apontaram integrantes do Instituto de Astrobiologia da agência espacial.

“Estudar esse estado de desequilíbrio químico atmosférico é importante em razão do potencial papel que ele pode desempenhar na detecção de vida em outros planetas”

Ver

http://agencia.fapesp.br/grupo_da_nasa_busca_evidencias_quimicas_de_vida_extraterrestre/19902/

Interior

Caroço denso de raio de aprox. 1500-2100 km constituído de **Fe**, **Ni** e enxofre (**S**).

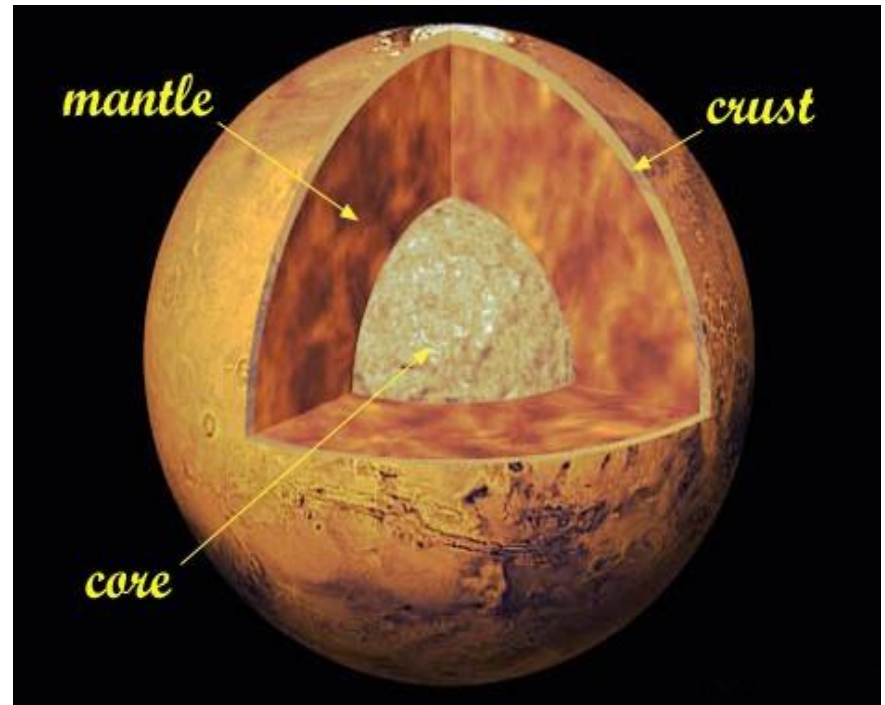
Manto de rocha derretida com espessura entre 1.240 - 1.880 Km)

Crosta fina e espessura diferente no HN (35 Km) e HS (80Km) feita de ferro, magnésio, alumínio, cálcio e potássio....Pq?

Caroço de Fe líquido derretido encontrado em 2003

--> ausência de CM

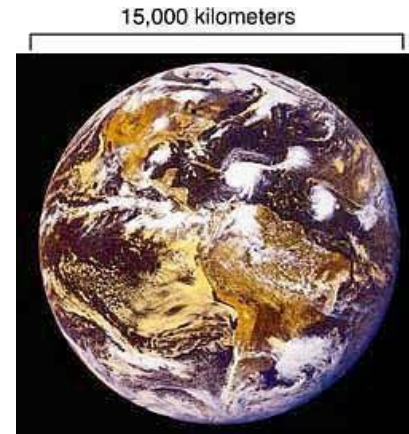
--> Áreas magnetizadas na superfície



Informações adicionais ver:
<https://solarsystem.nasa.gov/planets/mars/overview/>

“Sistema” Terra-Lua

Características Gerais



3º Planeta do Sistema Solar; $D_{\text{Terra-Sol}} = 1 \text{ UA} = 150.000.000 \text{ Km}$

Maior e **geologicamente mais ativo** dos planetas terrestres

Presença de oceano e a atmosfera composta de 78% N_2 e 21% O_2 - **único no Sistema Solar**

Único terrestre com **satélite substancialmente grande**

Sistema peculiar devido a várias características, entre elas, a força de maré da Lua

Atmosfera

...evolução da atmosfera original

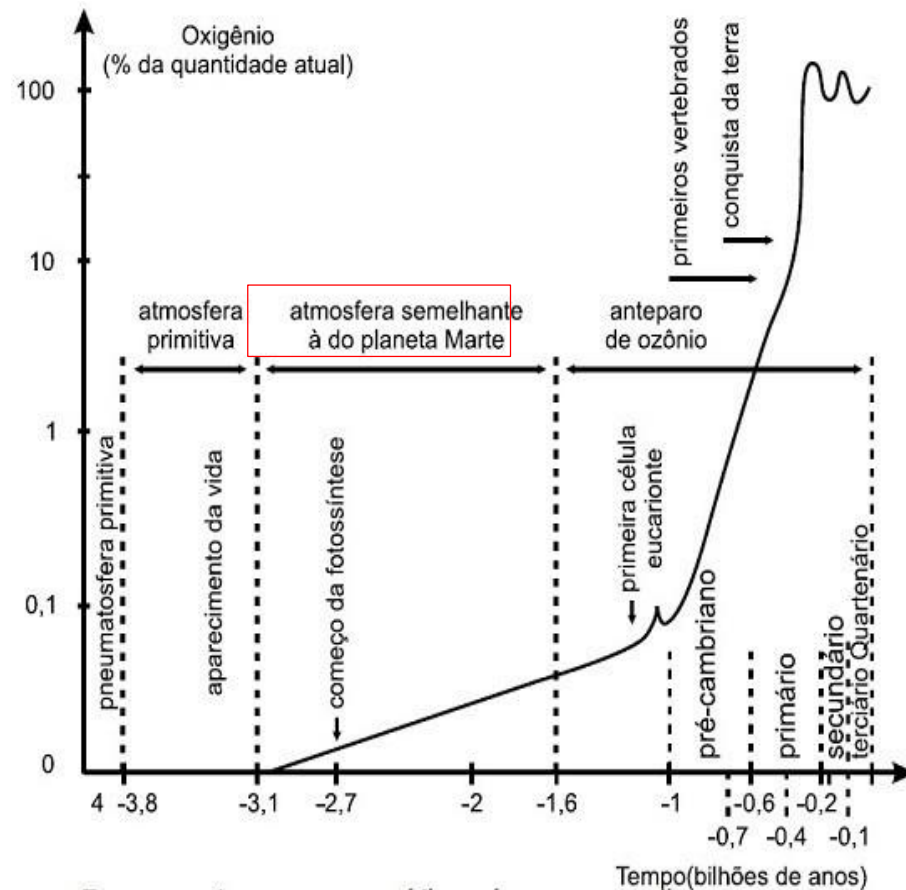
Atmosfera original ou primitiva com compostos químicos contendo H_2 , e **ausência de O_2**

Atmosfera secundária (AS) – HOJE com 78% N_2 , 21% O_2 e vestígios de vapor d'água, argônio e outros gases.

A vida é responsável pela atmosfera secundária:



Plantas e cianobactérias consomem CO_2 e liberam O_2



Atmosfera

Estratificada devido ao ganho e perda de calor.

Sofre **movimentos de correntes** complexos criando clima e padrões de tempo (troposfera)

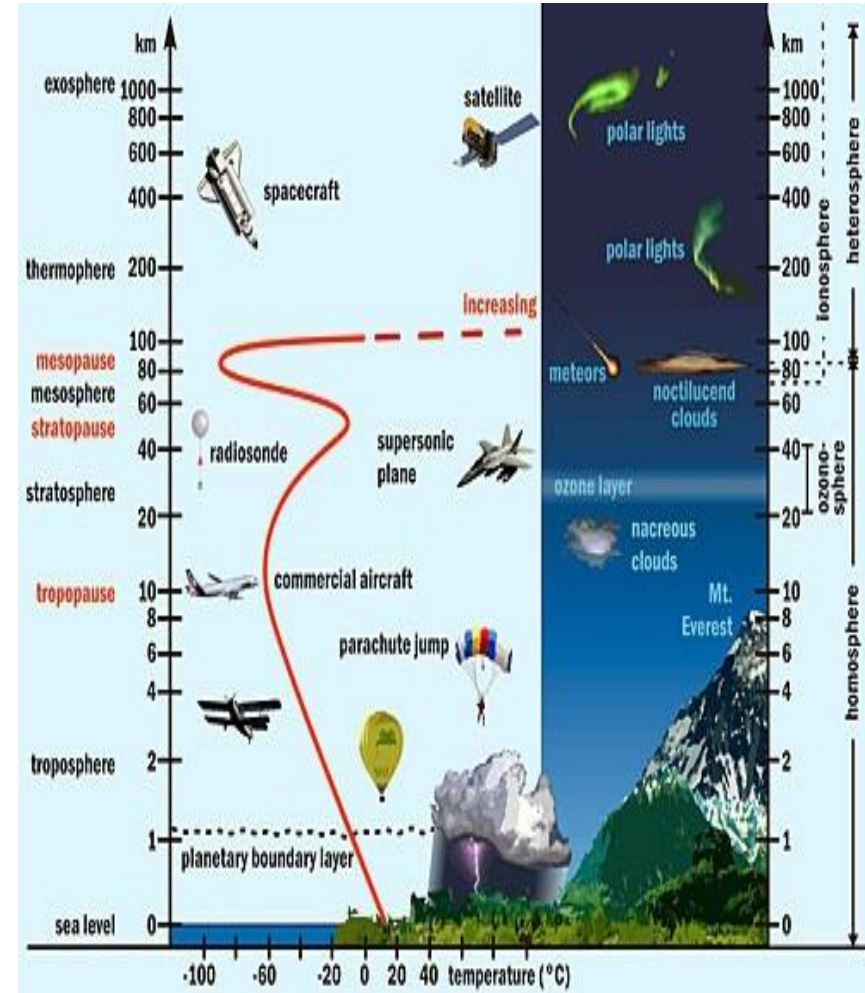
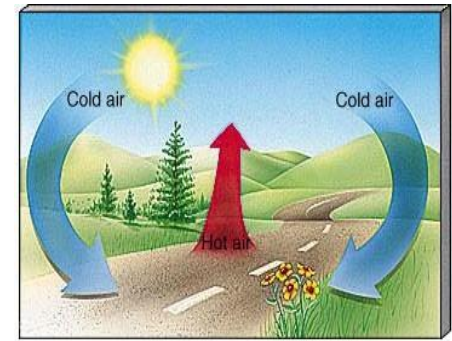


Convecção: movimentos de massa de ar devido ao **gradiente de temperatura** -->

Regiões com **baixa pressão** são formadas em áreas onde o ar está subindo (ar quente – menos pesado); **pressão alta** onde o ar está descendo (ar frio – mais pesado)

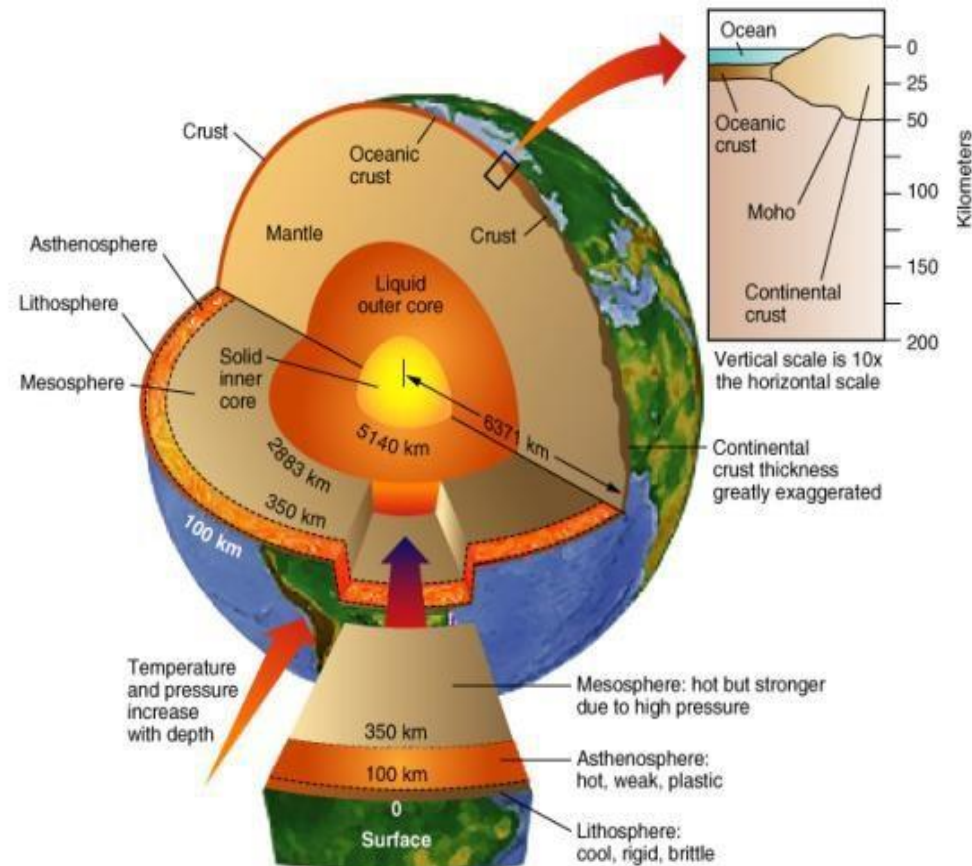
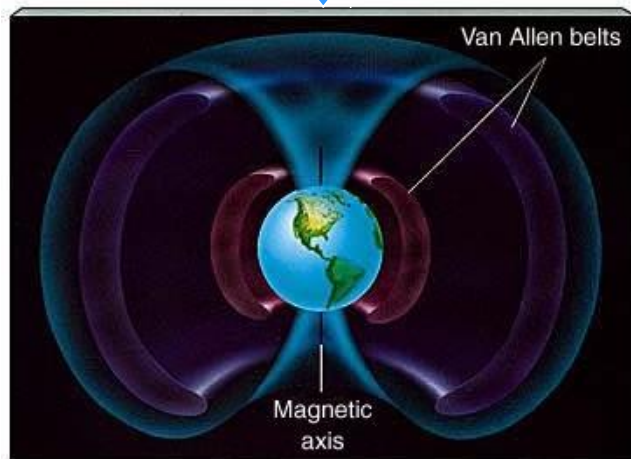
Recebe influência também do contraste de temperatura entre oceano e continente com mudanças das estações que complicam o padrão de convecção.

Rotação da Terra também afeta os movimentos do ar



Interior

- Crosta: rocha, espessura ~5-10 km (oceânica), ~30-80 km (continental)
- Manto: semi-rígido, espessura ~3000 km
(litosfera inferior, astenosfera e manto inferior)
- Caroço: interno (sólido) $r \sim 1300$ km
externo (líquido) $r \sim 3500$ km
Atrito gera Campo Magnético



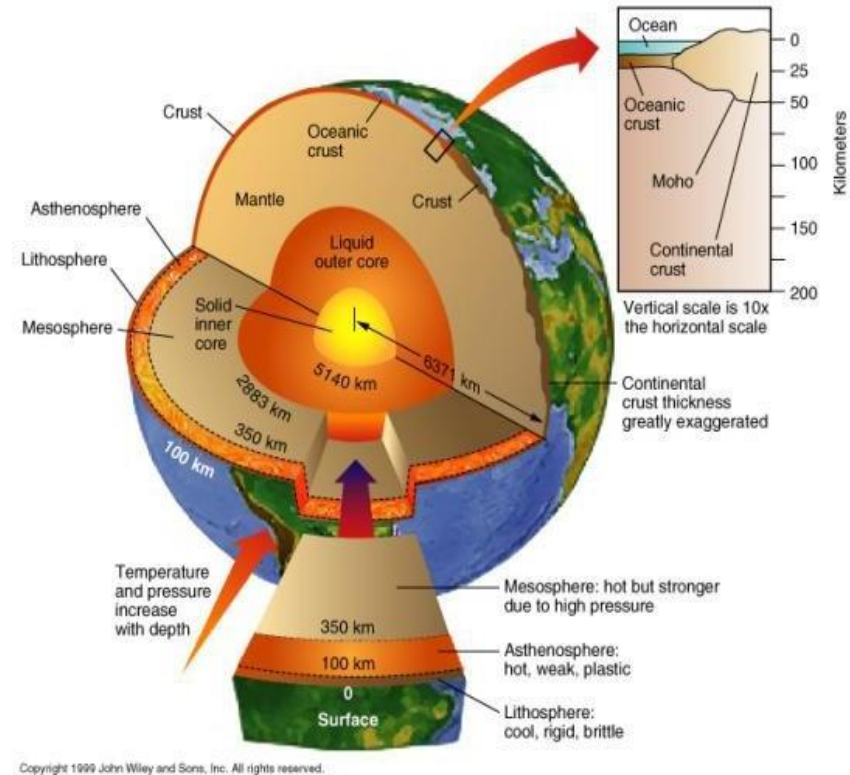
Crosta

...papel na evolução

Placa fina, quebradiça e instável que flutua no manto



Se movimentam, criam atividades tectônicas e **geram montanhas além da deriva de continentes**



Erupções vulcânicas criam as **maiores mudanças na estrutura da superfície**

Erosão causa mudanças -> geleiras, clima, colisões

Superfície: 70% de água

Gráfico 1:
Total de água na Terra

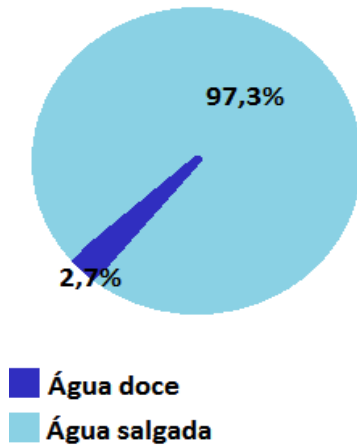
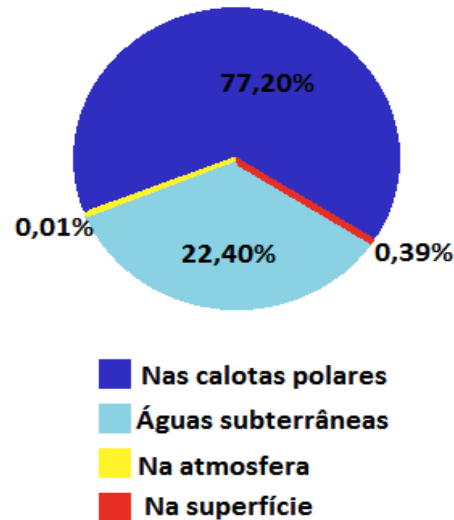


Gráfico 2:
Distribuição de água doce na Terra



Água salgada pode ter sido armazenada em um período de evolução do Sistema Solar chamado “intenso bombardeio tardio”, há 4 bilhões de anos, através de cometas ou planetóides que carregam em suas superfícies gelo sujo.

A água doce é procedente de um processo de precipitação; chuva, granizo ou do degelo de geleiras. A água da chuva é formada através da evaporação das águas dos rios, lagos e mares. Ao evaporar a água não carrega o sal do mar

Lua

...relativamente grande comparada com Terra

Diâmetro da ordem de 1/4 do diâmetro da Terra ($\simeq 4000\text{km}$)

Massa da Lua ($7,3474271 \times 10^{22} \text{ kg}$), da ordem de 1.23% da Massa da Terra ($5,973332 \times 10^{24} \text{ kg}$).

Não possui atmosfera!

Possui efeitos importantes sobre a Terra devido aos movimentos de rotação, translação e devido aos efeitos de força de maré.

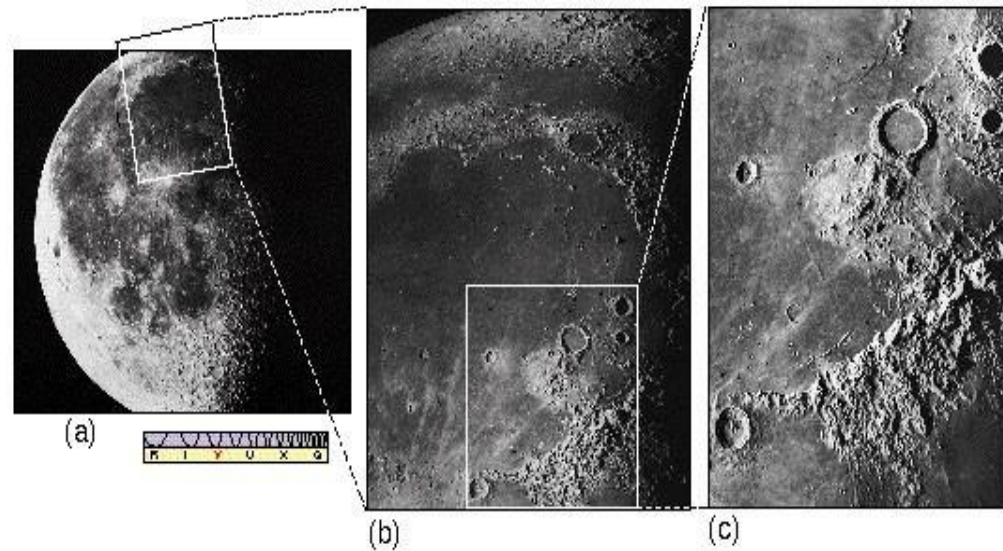
Rotação sincrônica (período de rotação=orbital) resultando em um lado sempre oculto.

A distância Terra-Lua foi medida por radar e por laser disparado até um dos espelhos (prismas retro-refletores, que refletem a luz na mesma direção da luz incidente) colocados pelos astronautas na Lua nas missões Apollo 11, 14 e 15. O tempo de ida e vinda do laser é então medido. Seu valor médio é de 384.403 km

Lua

Características de Superfície

Mais proeminentes características são os **mares**, as extensas **regiões montanhosas brilhantes**; e inúmeras **crateras** de todos os tamanhos.



- **Mares:** concentradas na face não oculta, são **regiões planas e escuras cobertas por extensivos fluxos de lavas antigas** provocadas por colisões em uma fase onde o interior lunar estava parcialmente fundido. **Representam da ordem de 16% da superfície da Lua.**

Essas áreas mais baixas têm menos crateras do que o resto da superfície indicando que são mais jovens. Datação radioativa das rochas destas áreas indicam que elas tem **3 bilhões de anos.**

- **Montanhas:** muito antigas com idade da ordem de **4 - 4,5 bilhões de anos.**

- **Crateras:** com características resultantes de impacto, formadas no 1º bilhão de ano de formação do Sistema Solar.

Características do Interior

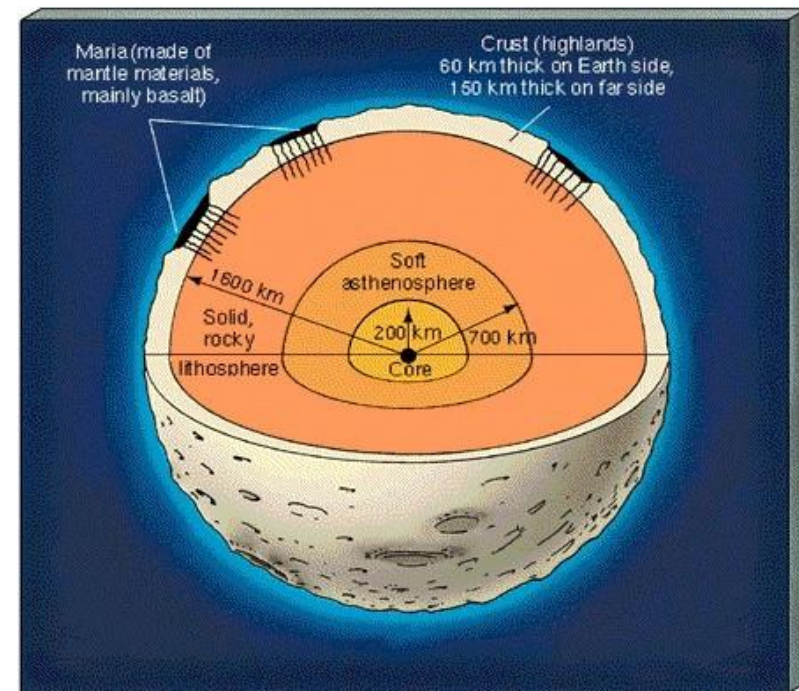
Impacto de pequenas naves que caíram na superfície gerou ondas sísmicas que permitiram estudar o interior da Lua.

- **Crosta** (e = 50-100km): mais fina do lado visível (60Km)...e mais espessa (150 Km) do lado oculto
- **Manto** (lithosphera rígida+ asthenosphaera semi-rígida) e
- **Caroço sólido**

Campo Magnético não detetado, portanto, nenhuma zona líquida no caroço

Nenhuma Atividade Tectônica -> geologi^{te} inerte

...não possui **Fe** no centro



Origem Lua? Qualquer teoria deve explicar

Baixa quantidade de Ferro e elementos parentes

Escassez de elementos voláteis

Proporções de isótopos de elementos, tais como Oxigênio, estão presentes na Lua e na Terra com a mesma abundância relativa (^{16}O , ^{17}O e ^{18}O)

Alto momento angular orbital (MA)

Não possui Fe no centro

Hipóteses

Captura: Lua formada em algum lugar e foi capturada pela Terra

Pbs-> muito difícil de ocorrer – pouco provável e não explicaria a semelhança de isótopos de O entre Terra e Lua

Contemporânea: formadas ao mesmo tempo

Pbs-> não explica alto MA e contrastes químicos

Fissão: Lua separada Terra no início da formação...

Pbs-> não explica como tal qde massa poderia ter sido ejetada a tão gde orbita, além do contraste químico

Hipótese atual: Colisão



- Terra + Lua + planetas -> todos formados por coalescência de planetesimais (corpos sólidos de tamanho intermediário que condensaram via gás e poeira, no início de formação do Sistema Solar)
- Após formação da Terra, já “**diferenciada** – fase onde o **Fe** já havia se escoado para o centro” houve colisão com planetóide, com consequente ejeção das camadas externas (deficientes em Fe) → o material ejetado aquecido no impacto vaporizou parcialmente -> restante gerou disco -> condensou -> formou Lua

- **Evolução da LUA**

Crosta esfria e endurece -> colisões abrem fissuras -> flui lavas -> criam mares (onde a crosta é mais fina e 1 bilhão de anos + jovem do que montanhas)o interior esfria e se solidifica -> poucas atividades geológicas

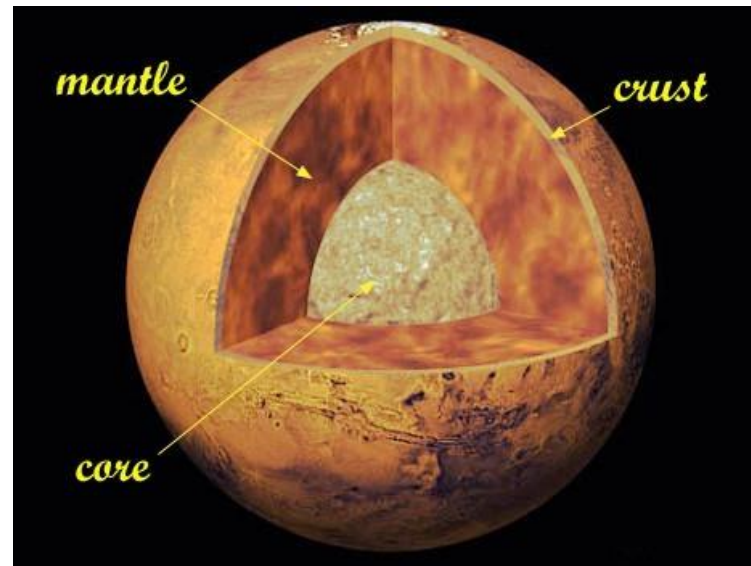
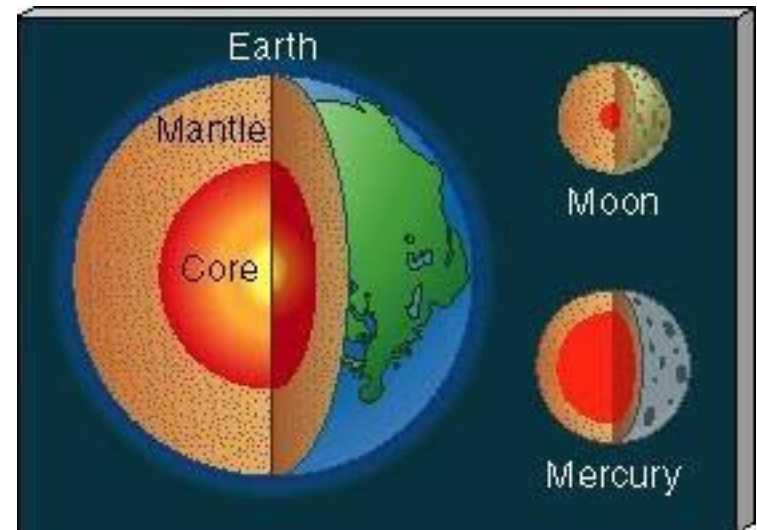
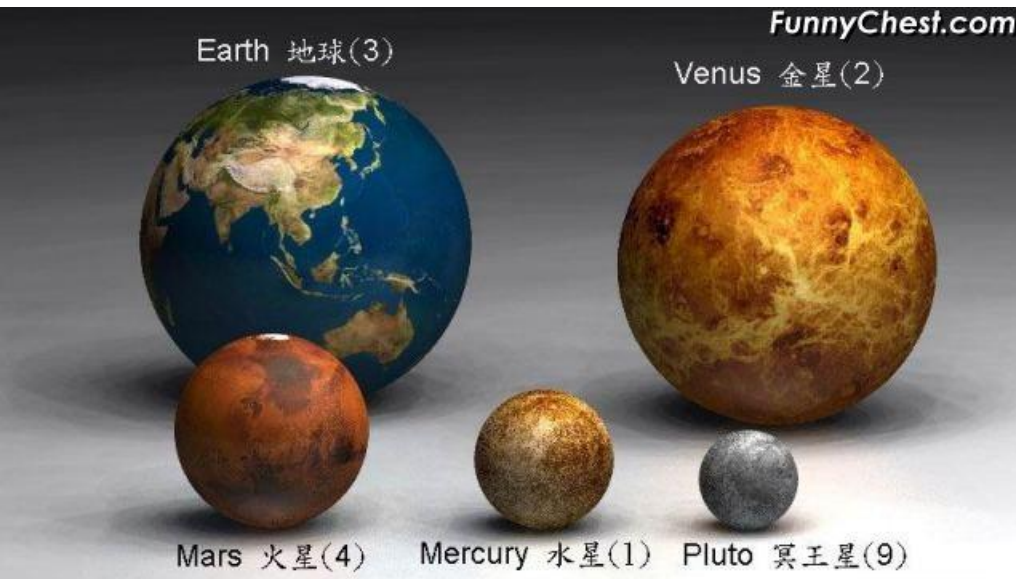
Força de influência gravitacional da Terra (maré) diminui rotação -> Lua se afasta gradualmente mantendo Momento Angular constante -> fica presa, nesta configuração de equilíbrio ficando o lado mais denso (mares) permanentemente de face para Terra

- **Este cenário explicaria:**

- 1. Alta velocidade de impacto e o alto momento angular**
- 2. Contrastes químicos**
- 3. Mesmas abundâncias relativas dos isótopos do O**



Comparando Dimensões e Estruturas dos Planetas Internos



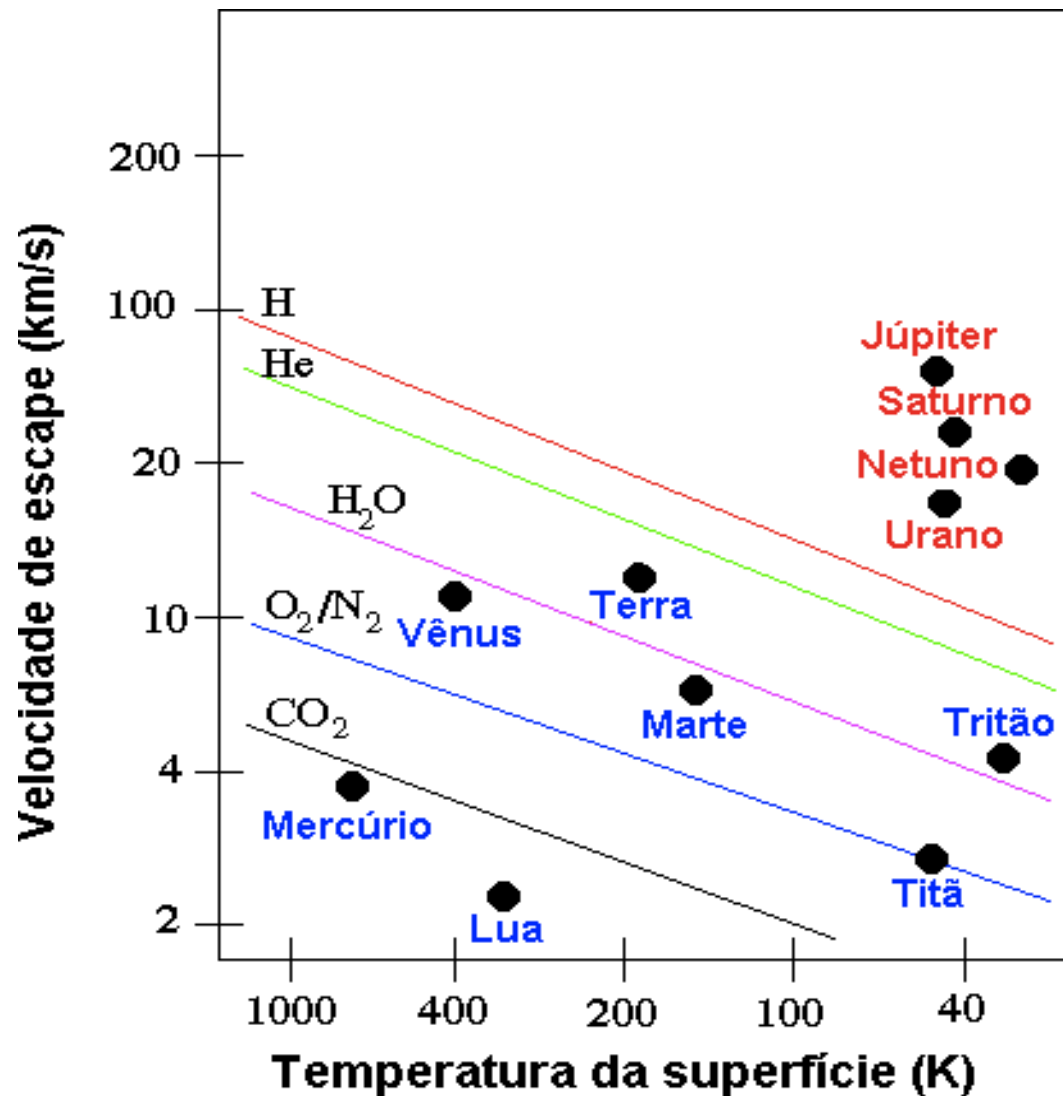
Propriedades Gerais dos Planetas Internos

	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte
				
Distância média ao Sol (milhões km)	57,9	108	149	228
Período de translação	88 d	224,7 d	365 d	687 d
Período de rotação	58,6 d	» 243 d	23,9 h	24,5 h
Diâmetro equatorial (km)	4878	12 000	12 756	6787
Massa (unidade=1)	0,055	0,81	1,0	0,1
Temperatura superfície °C	-170 a 430	464	15	- 40
Densidade média água = 1 g/cm³	5,4	5,2	5,5	3,9
Nº de satélites naturais	0	0	1	2
Estrutura interna				

● Crusta
 ● Manto
 ● Núcleo
 ● Núcleo externo
 ● Núcleo interno
 ● Manto hidrogênio e hélio
 ● Manto água, amoníaco e metano

a- anos; d- dias; h- horas; » - movimento retrógrado; » » - movimento retrógrado aparente

Comparação da velocidade de escape entre os planetas internos e externos



Sistema Solar interior é caracterizado pela presença de planetas rochosos relativamente pequenos e densos (3500-5500 kg/cm³) e praticamente desprovidos de satélites.

A composição química destes planetas é relativamente baixa em elementos leves e voláteis (H, C, N e He) e alta em elementos pesados, refratores, como o silício e ferro.