

**ASTRONOMIA DO
SISTEMA SOLAR
(AGA292)**

**Enos Picazzio
IAGUSP/2006**

**PLANETAS
TELÚRICOS**



NÃO HÁ PERMISSÃO DE USO PARCIAL OU TOTAL DESTE MATERIAL PARA OUTRAS FINALIDADES.

Planetas



- a) corpos que orbitam o Sol;
- b) que estejam em equilíbrio hidrostático (massa suficiente para que a autogravitação supere a rigidez do material, tomando a forma esférica);
- c) que limpam as vizinhanças em torno de sua órbita;
- d) planeta anão satisfaz a) e b), mas não c)

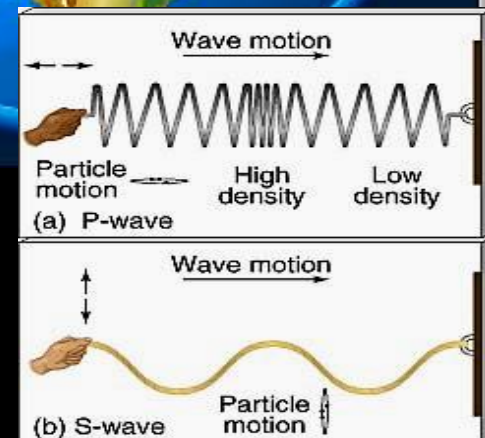
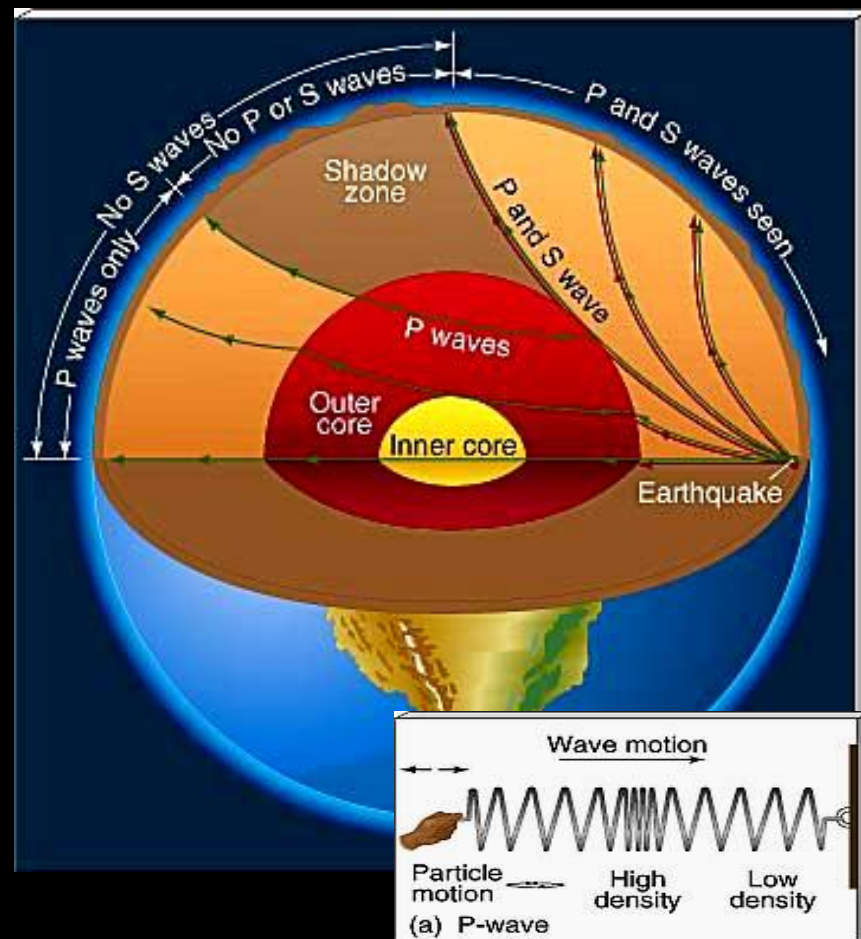
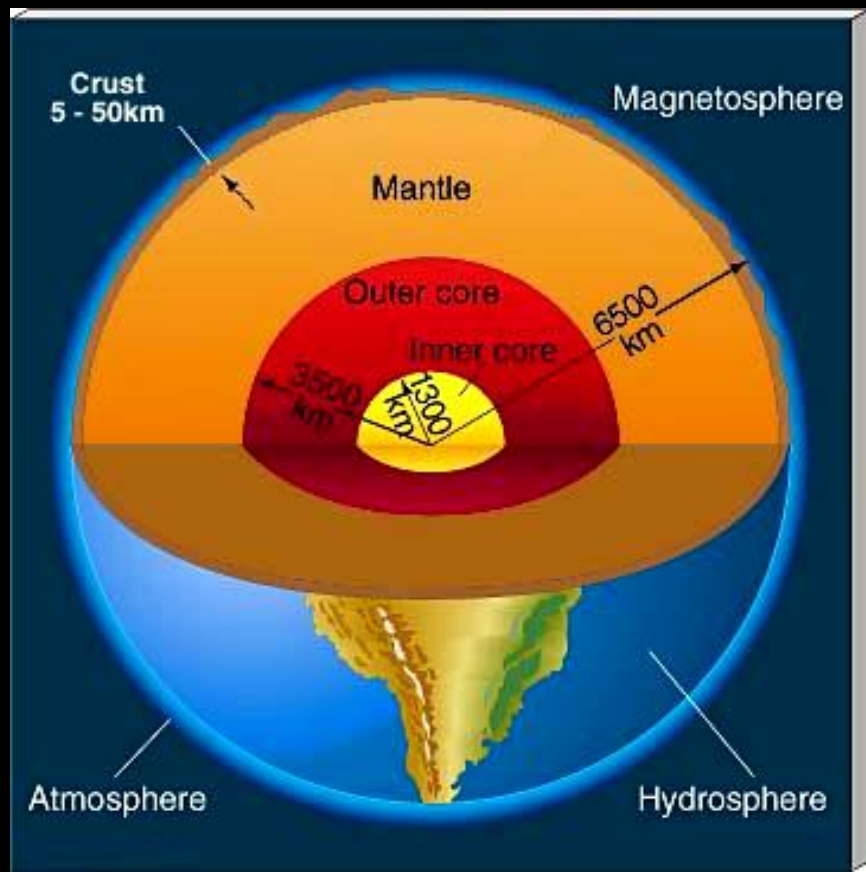
Classificação dos Planetas

	<i>Mercúrio</i>	<i>Vênus</i>	<i>Terra</i>	<i>Marte</i>	<i>Júpiter</i>	<i>Saturno</i>	<i>Urano</i>	<i>Netuno</i>	<i>Plutão</i>
<i>Raio</i>	0,38	0,95	1	0,53	11,21	9,45	4	3,88	0,18
<i>Massa</i>	0,055	0,814	1	0,104	317,7	99,66	14,53	17,06	0,002
<i>Densid.</i>	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,3	1,6	2
<i>Atmosf.</i>		CO ₂ (96) N(3)	N(78) O(21)	CO ₂ (95) N(3)	H(73) He(20)	H(78) He(20)	H,He(15) H ₂ O,CH ₄ NH ₃ (60)	H,He(10) H ₂ O,CH ₄ NH ₃ (60)	
<i>Satélites</i>			1	2	16	18	15	8	1
<i>Distânc.</i>	0,39	0,72	1	1,52	5,2	9,55	19,19	30,11	39,53
<i>Rotação</i>	58,6	-243	0,99	1,03	0,41	0,45	-0,72	0,67	-6,39
<i>Excentr.</i>	0,21	0,01	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,01	0,25
<i>Incl.Orb.</i>	7,00	3,39	0	1,85	1,31	2,49	0,77	1,77	17,15
<i>Incl.Eixo</i>	0	177,3	23,45	25,2	3,12	26,73	97,87	29,57	98

Telúricos ou Terrestres

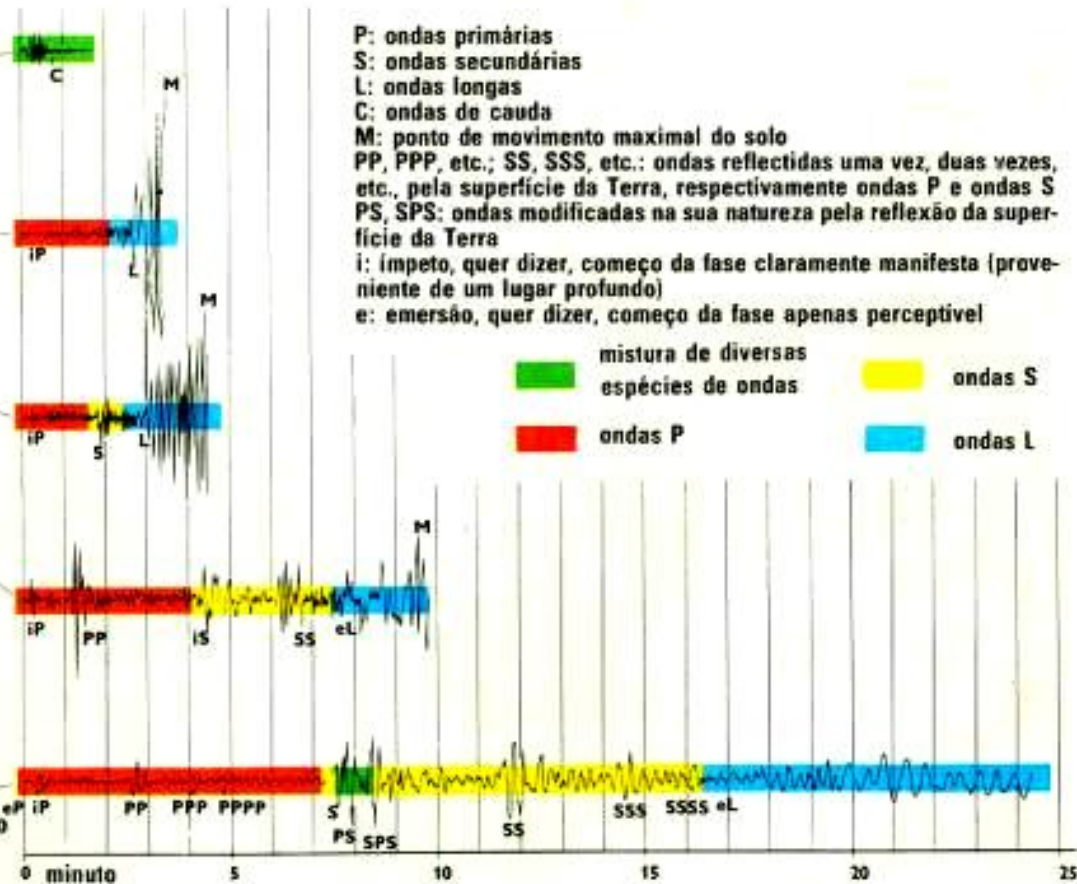
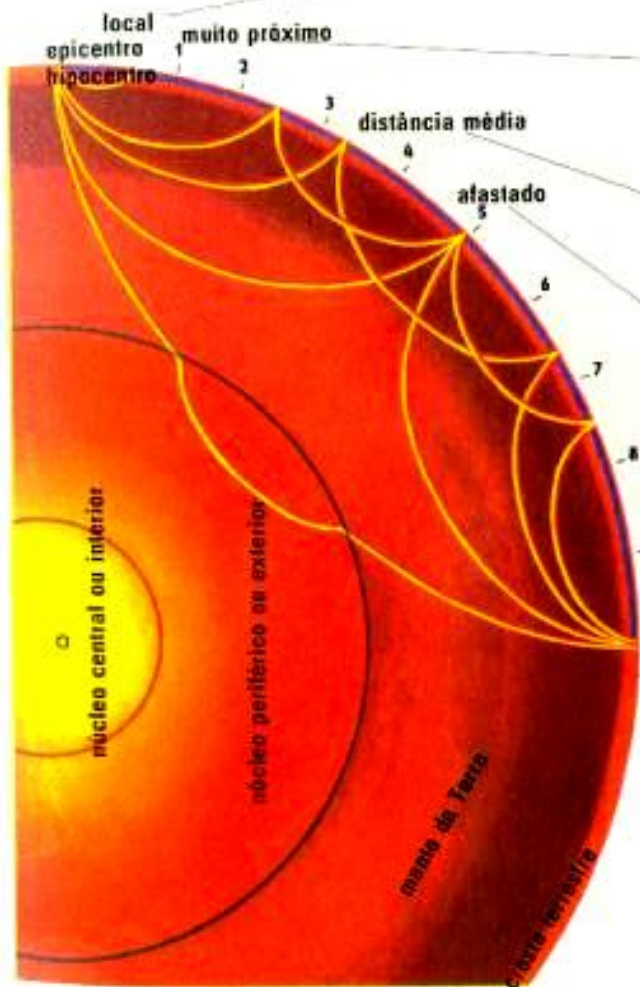
Jovianos ou Gigantes

Plutoniano

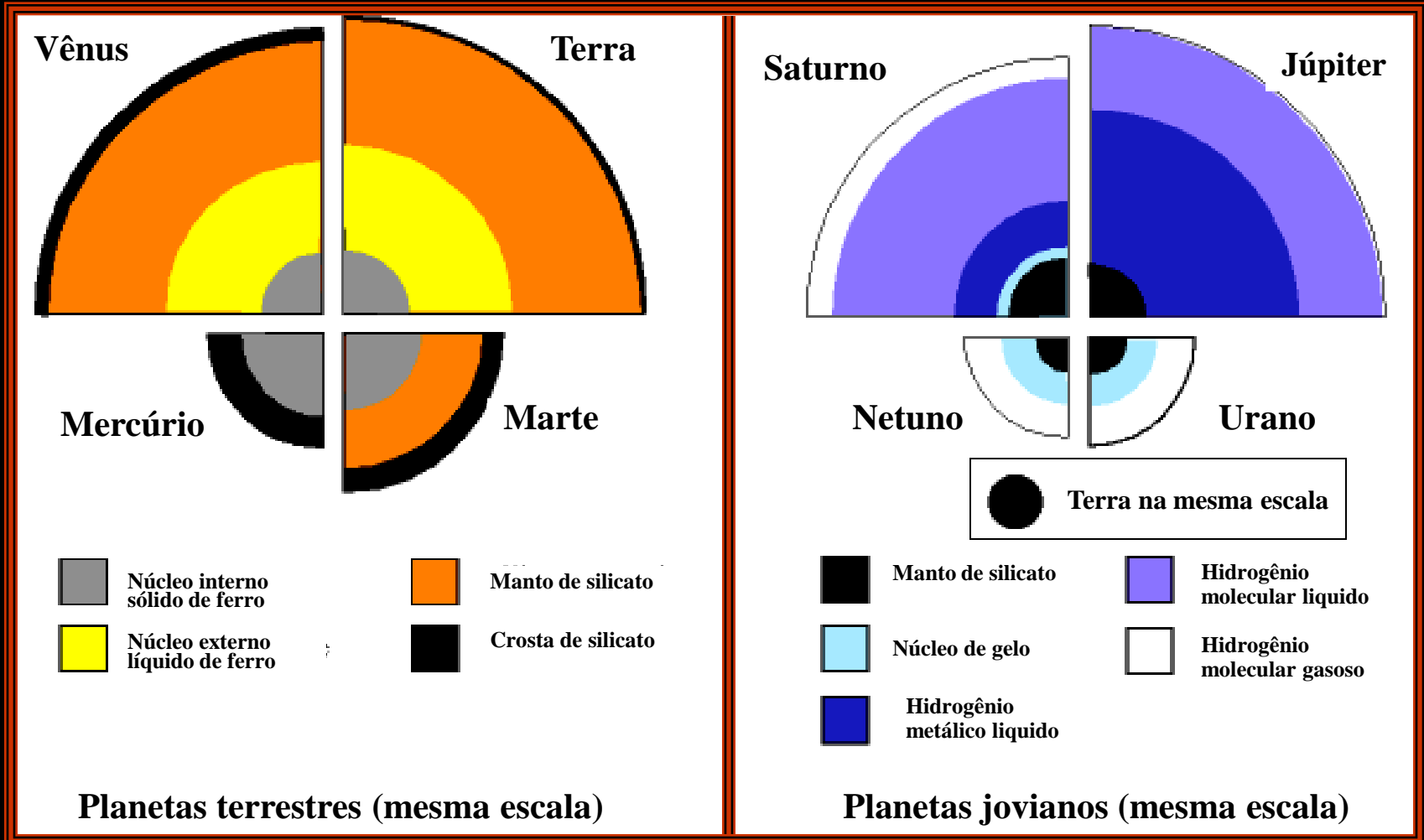


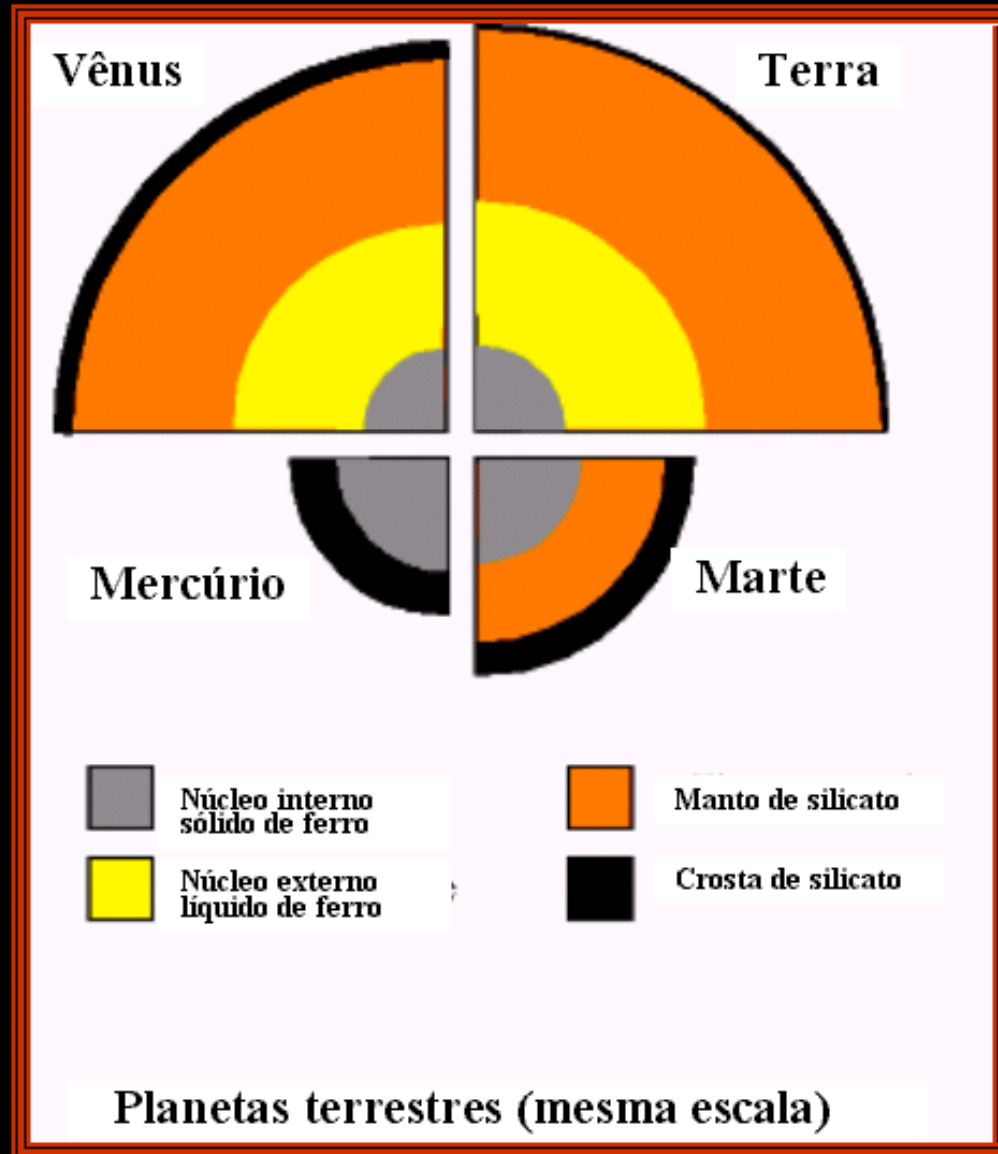
Onda S não se propaga em meio líquido
Onda P propaga-se mais rapidamente que S

Propagação das diversas ondas de um tremor de terra e sismogramas característicos registados a distâncias várias do epicentro. As distâncias à superfície da Terra são dadas em megâmetros (1 Mm = 1000 km).

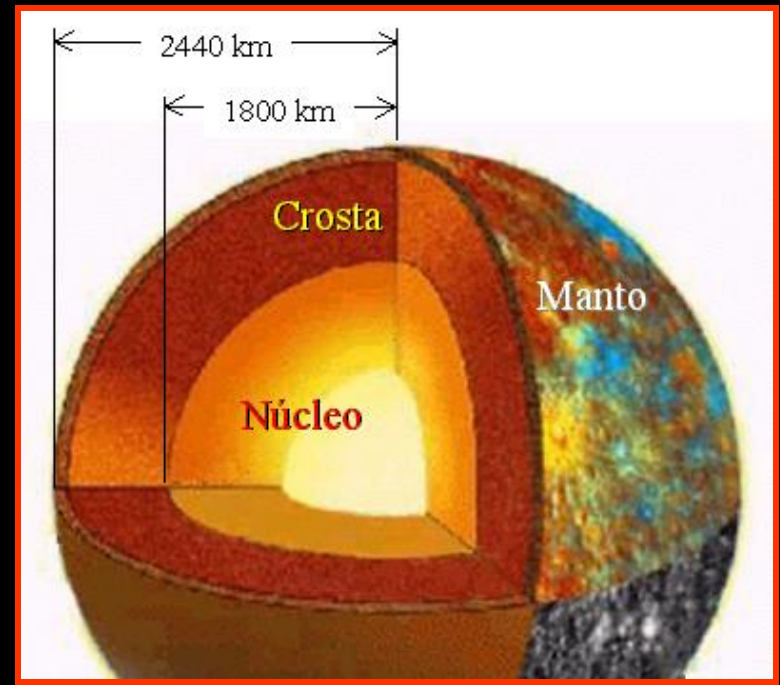


SISMOGRAMA. As oscilações sísmicas manifestam-se por fases consecutivas. Primeiro, os sinais precursores ou ondas P (primárias, longitudinais). Seguem-se as ondas S (secundárias, transversais). As ondas destes dois tipos transmitem-se à massa terrestre dos núcleos interno e externo, do manto e da crosta, que os desviam e alteram. Seguem-se as ondas L (longas, superficiais), fase principal do sismo, que se propagam à superfície e em que se situa o movimento maximal do solo (M). As ondas C (ondas de cauda) representam o fenómeno final. Os sismogramas registados em locais afastados estendem-se por maiores períodos de tempo.





Mercúrio



Conhecemos pouco seu interior. Não há dados sísmicos.

Duas características importantes:

Densidade (5,43 g/cc) é elevada

- alta proporção de metal (~ 70% em massa)
- núcleo é proporcionalmente gde (~ 74% do raio)

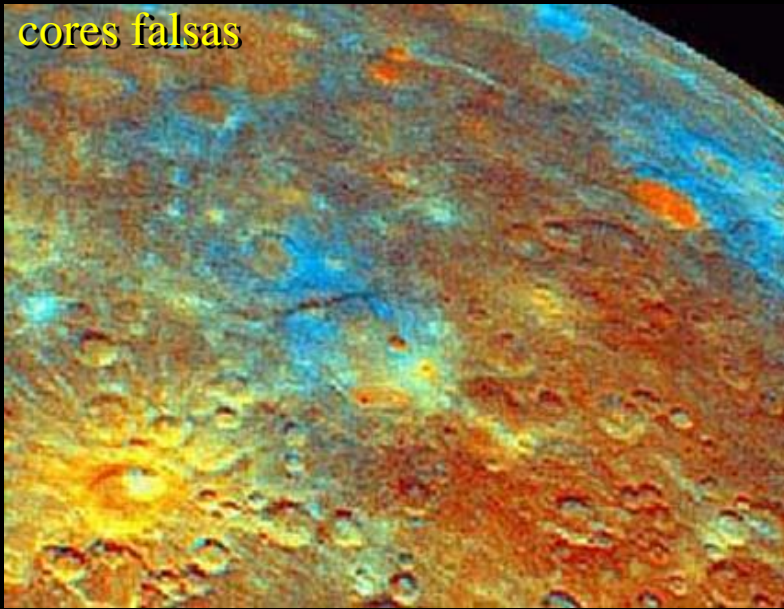
Campo magnético (~ 1% do terrestre) é substancial

- Como um núcleo frio gera Campo Magnético?
- Parcialmente líquido?; presença de enxôfre?
- Ou é primordial fóssil?

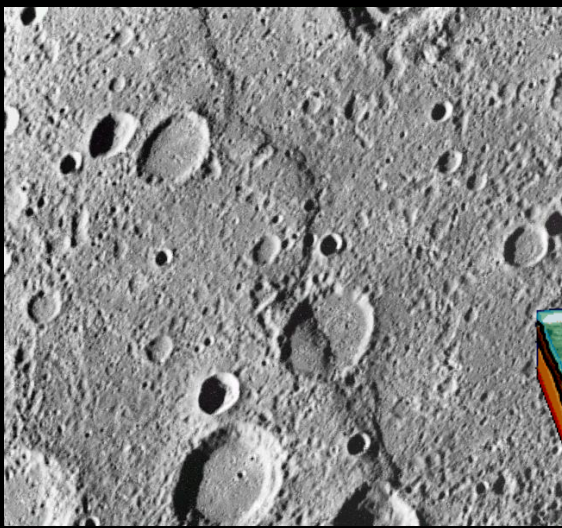
A missão Messenger (2006) poderá esclarecer

Mercúrio

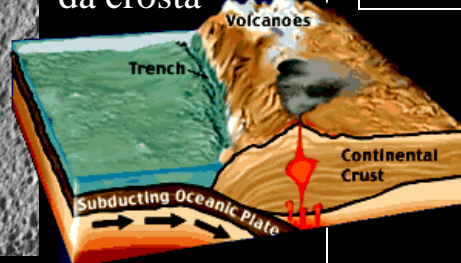
cores falsas



Contraste evidencia diferenças em
composição química



Falhas
Resfriamento
do planeta
provoca
enrugamento
da crosta



Base “Caloris”
Colisão violenta
produziu bordos
múltiplos.

Terreno na direção
Antipodal é
“enrugado”
(posição de encontro
de ondas de choque)

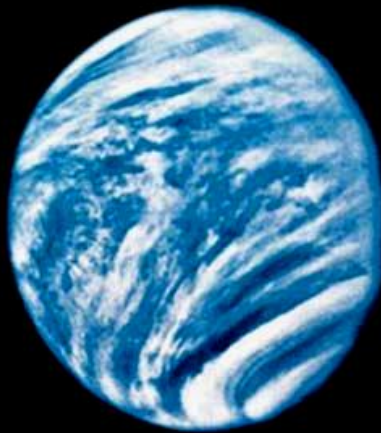


Vênus

A atmosfera de Vênus é tão espessa que esconde sua superfície.



Luz visível



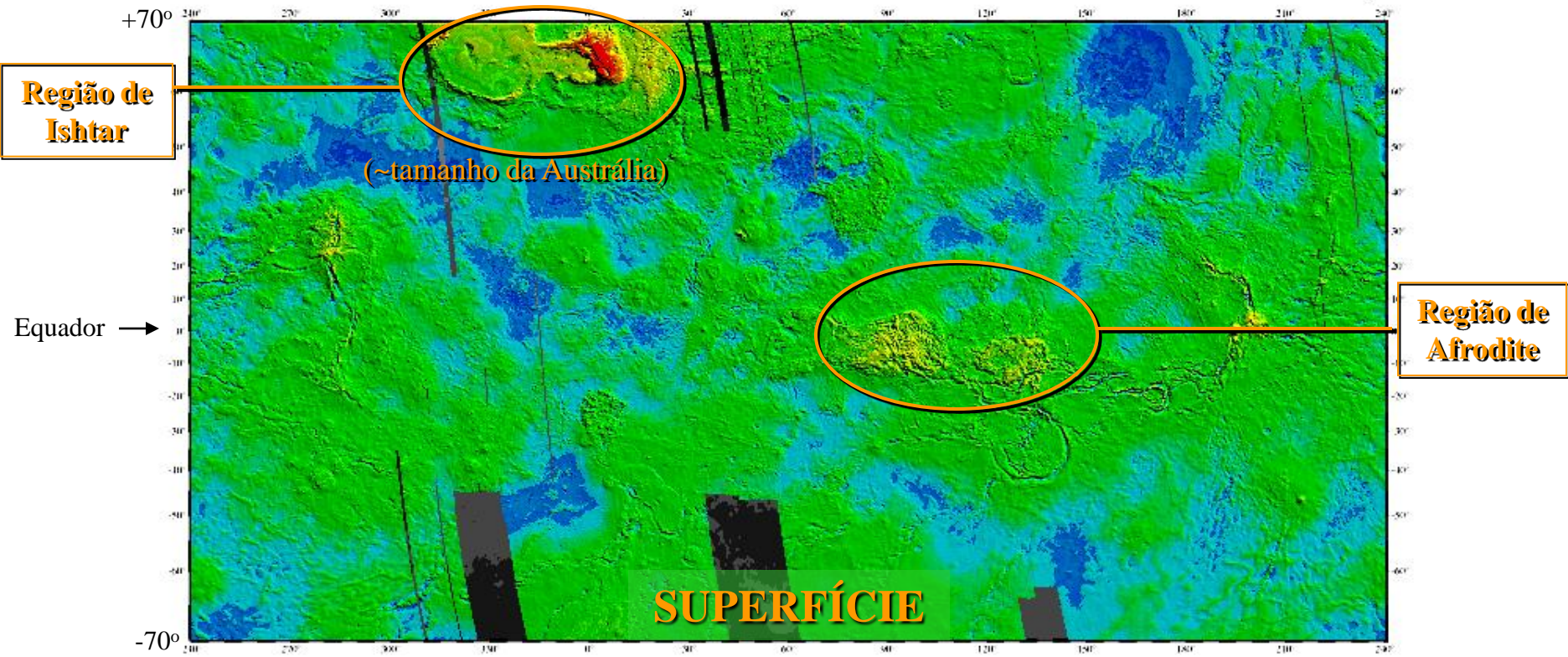
Luz ultravioleta

PARÂMETROS FÍSICOS

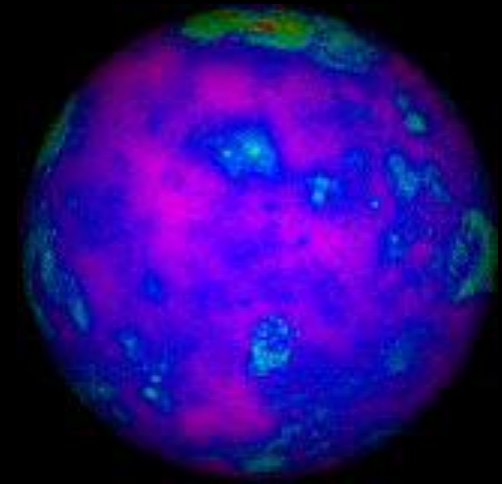
	Vênus	Terra	Vênus/Terra
Massa (10 ²⁴ kg)	4.8685	5.9736	0,815
Volume (10 ¹⁰ km ³)	92.843	108.321	0,857
Raio Equatorial (km)	6051,8	6378,1	0,949
Raio Polar (km)	6051,8	6356,8	0,952
Densidade (kg/m ³)	5243	5515	0,951
Gravidade na Superf. (m/s ²)	8,87	9,78	0,907
Irradiância Solar (W/m ²)	2613,9	1367,6	1,911
Intervalo Topográfico (km)	15	20	0,750
Satélites	0	1	

Topografia

[dados radarmétricos da sonda Magalhães]



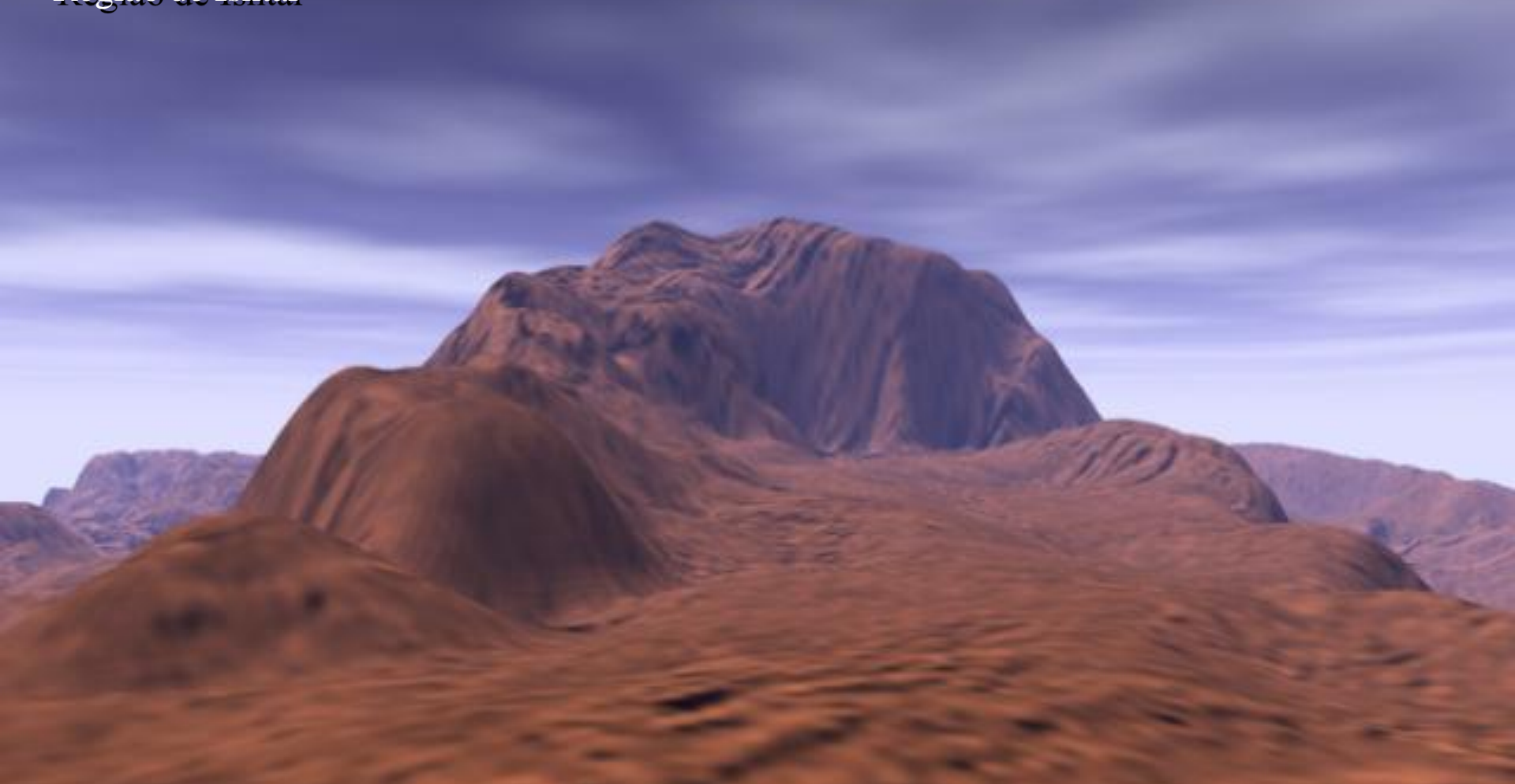
- imagem sintetizada de dados de radar,
- superfície relativamente plana, com desnível aproximado de 14 km. Apenas 20% da superfície têm elevações. Há duas regiões elevadas: Ishtar e Afrodite.
- apesar da presença constante de matéria vulcânica, não há evidência de atividade tectônica.



Superfície de Vênus

Região de Ishtar

Imagens sintetizadas de dados de radar



Montes MAXWELL

Altura: 11 km acima das planícies de Lakshmi.

Resolução: 15 km

dpa

Superfície de Vênus

Imagens sintetizadas de dados de radar

Região de Afrodite



Monte MAAT

Maior vulcão (ativo?) local.

Altura: ~ 8 km acima do raio médio de Vênus.

Resolução: 75 metros!

dpa

Superfície de Vênus

Região de Afrodite

Imagens sintetizadas de dados de radar



Monte SAPPAS

Vulcão duplo (visto no horizonte, à oeste do Monte Maat).

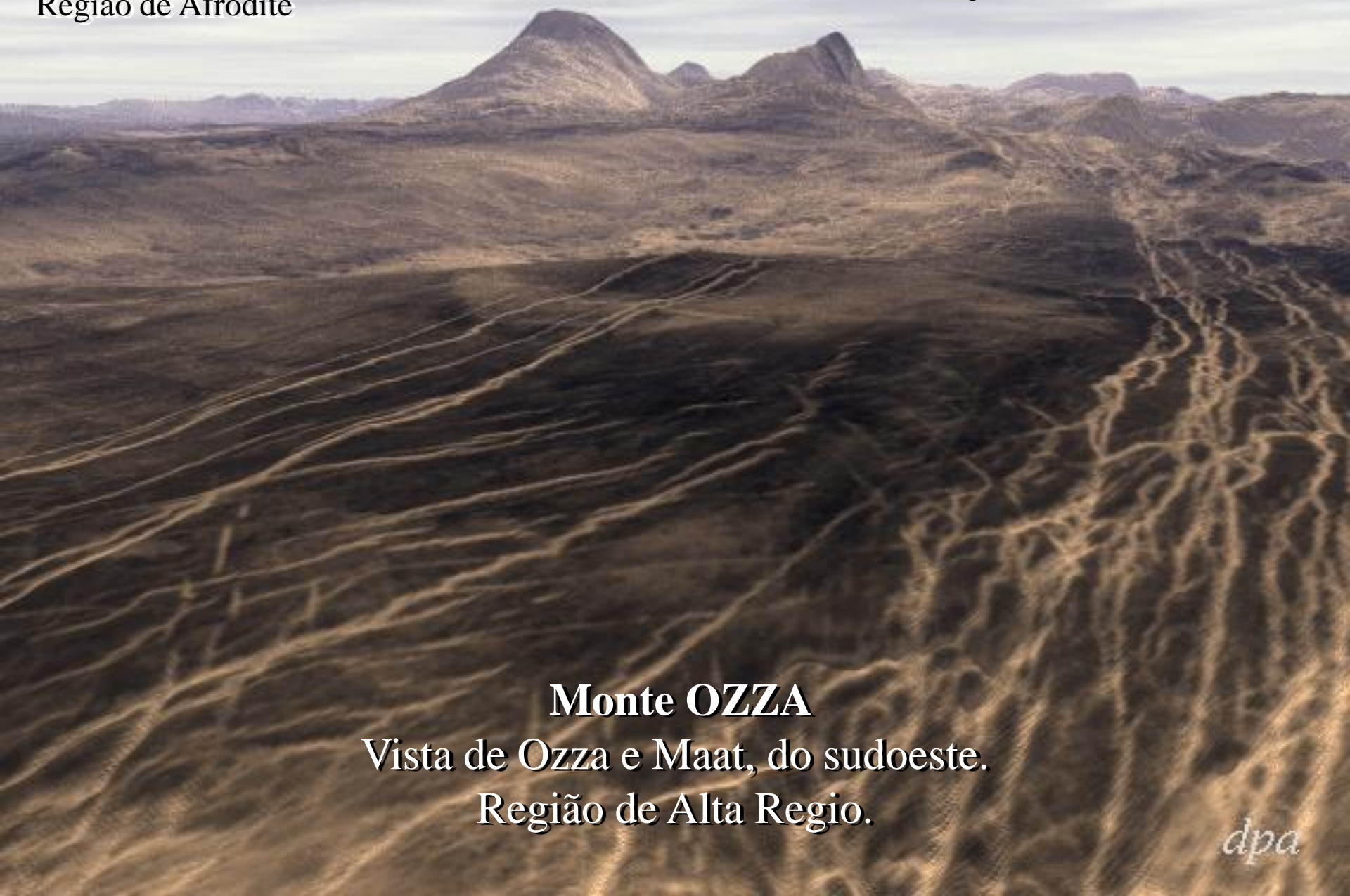
Região de Alta Regio.

dpa

Superfície de Vênus

Região de Afrodite

Imagens sintetizadas de dados de radar



Monte OZZA

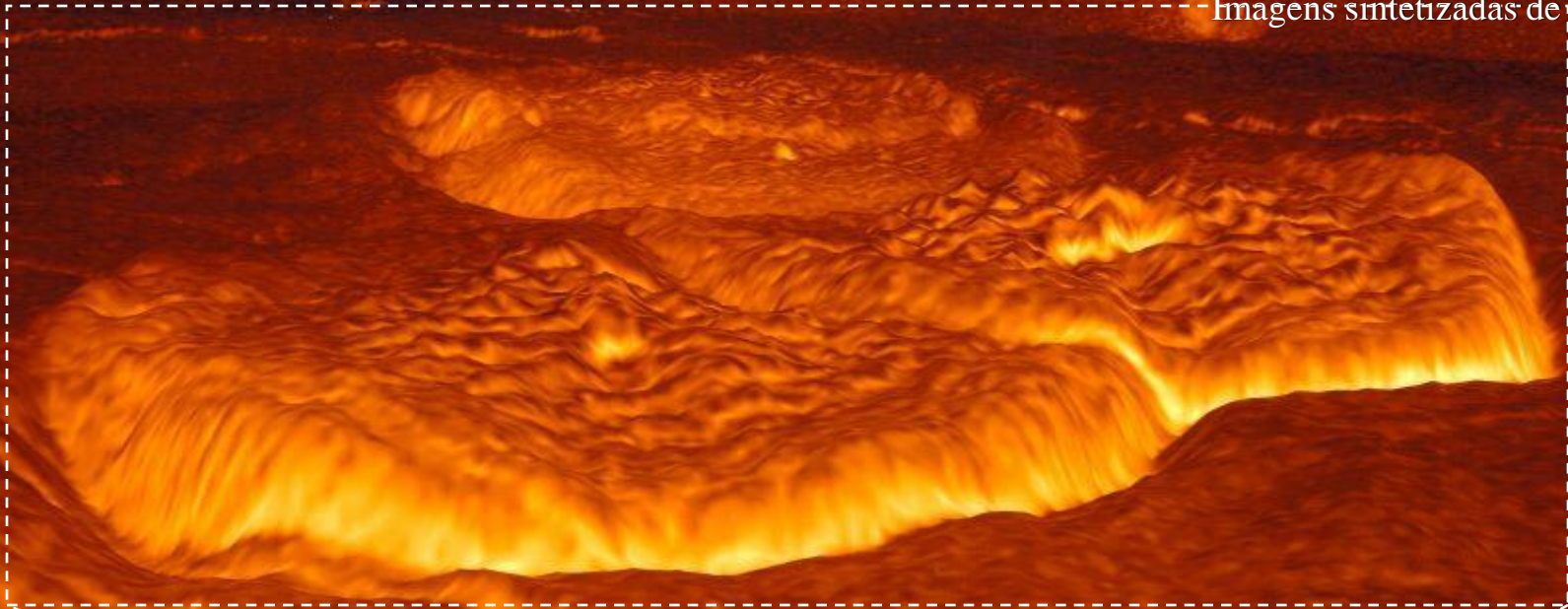
Vista de Ozza e Maat, do sudoeste.

Região de Alta Regio.

dpa

Superfície de Vênus

Imagens sintetizadas de dados de radar

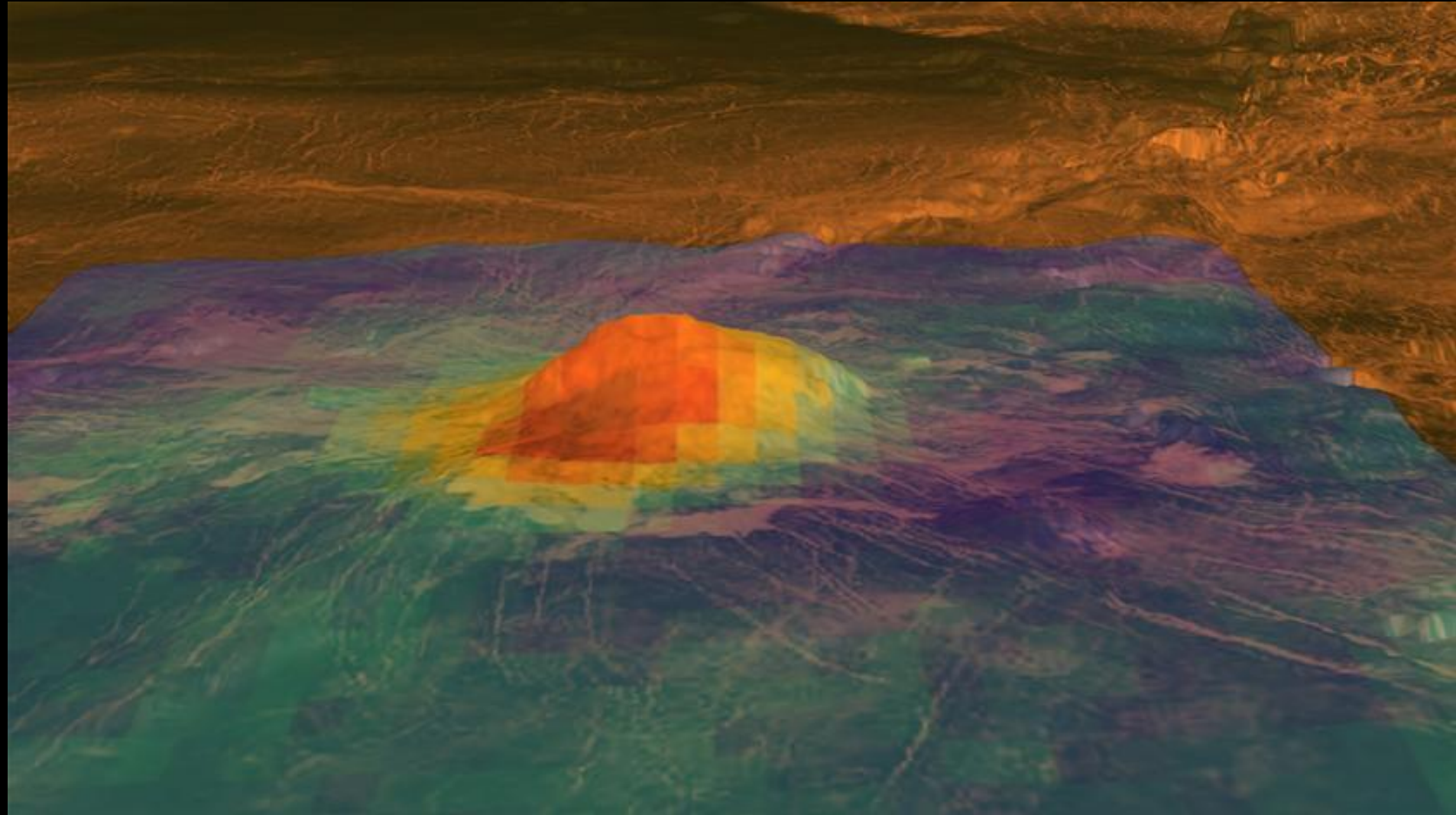


DOMOS

Rocha derretida aflora e retrai, deixando uma fina crosta que posteriormente racha e afunda



Superfície de Vênus



Monte Idunn: área de alta emissividade (vermelho e amarelo) está centrada nas proximidades do topo, de onde fluem raios brilhantes. Uma demonstração de vulcanismo ocorrido, no máximo, há 10 milhões de anos. Os terrenos mais antigos têm cerca de 500 milhões de anos.

(ESA's Venus Express, NASA's Jet Propulsion Laboratory).

Superfície de Vênus

O dióxido de enxofre atmosférico, observado pela Venus Express, pode ser proveniente de vulcanismo ocorrido, no máximo, há 10 milhões de anos. Ainda não se sabe se a superfície venusiana é ou não geologicamente ativa.

Fluxos de lava recentes

O mapeamento térmico do hemisfério sul mostra diferenças em composição química na superfície. Padrões de alta emissividade foram localizados nas imediações de apenas 3 das 9 zonas quentes (hotpots); são elas: regiões Imdr, Themis e Dione.

Superfícies antigas têm baixa emissividade, devido às alterações químicas causados pelo intemperismo. As regiões recentes, ao contrário, são mais brilhantes. Determinar a idade com precisão é difícil devido ao desconhecimento das condições ambientais na superfície, sobretudo da baixa atmosfera. É possível que os fluxos de lavas tenham idade entre dezenas de milhares de anos e 2,5 milhões de anos.

Remodelagem da superfície

Vênus tem poucas crateras de origem colisional. Isto diferencia sua superfície das outras encontradas nos demais corpos do Sistema Solar. Isto sugere a possibilidade de sua superfície ter sido remodelada, provavelmente por vulcanismo. Há duas hipóteses: (1) evento catastrófico, que recobriu sua superfície com uma camada de lavas de até 1 km de espessura. Desde então, Vênus mantém-se inativo ; (2) vulcanismo lento com tectônica de placas, que vem sendo mantido até o momento. O interior venusiano pode ser semelhante ao terrestre.

A estimativa de idade das zonas quentes favorece a hipótese (2).

Superfície de Vênus

Imagens sintetizadas de dados de radar

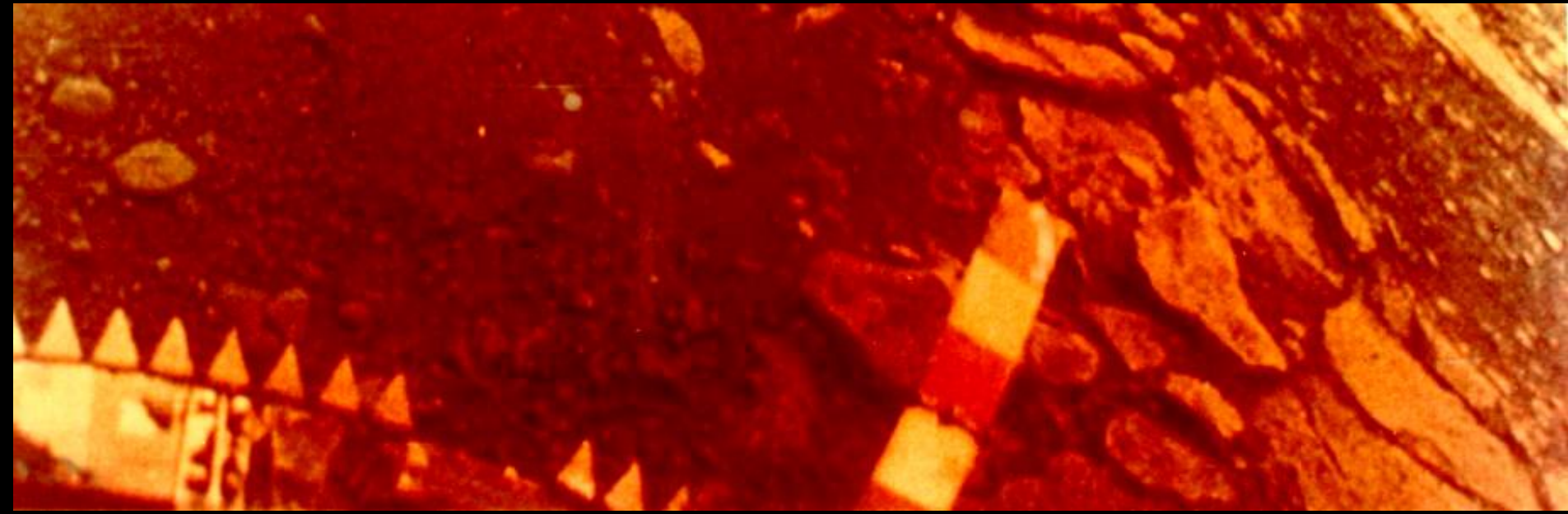


CRATERAS DE IMPACTO

Imagem artificial construída com dados radarmétricos de 1991.

Sonda Magalhães - NASA

Superfície de Vênus



**Única imagem
detalhada da superfície
venusiana, obtida pela
sonda russa Venera.**

**Os contornos
pontuados das
rochas são resultantes
da rachadura por
aquecimento, e
denunciam a ausência
de erosão eólica.**



Superfície de Vênus

Principais resultados científicos da sonda radarmétrica Magalhães (1990).

Tectônica: não há evidências de placas.

Matéria vulcânica: presente em 85% da superfície

Erosão: processo lento e pouco eficiente

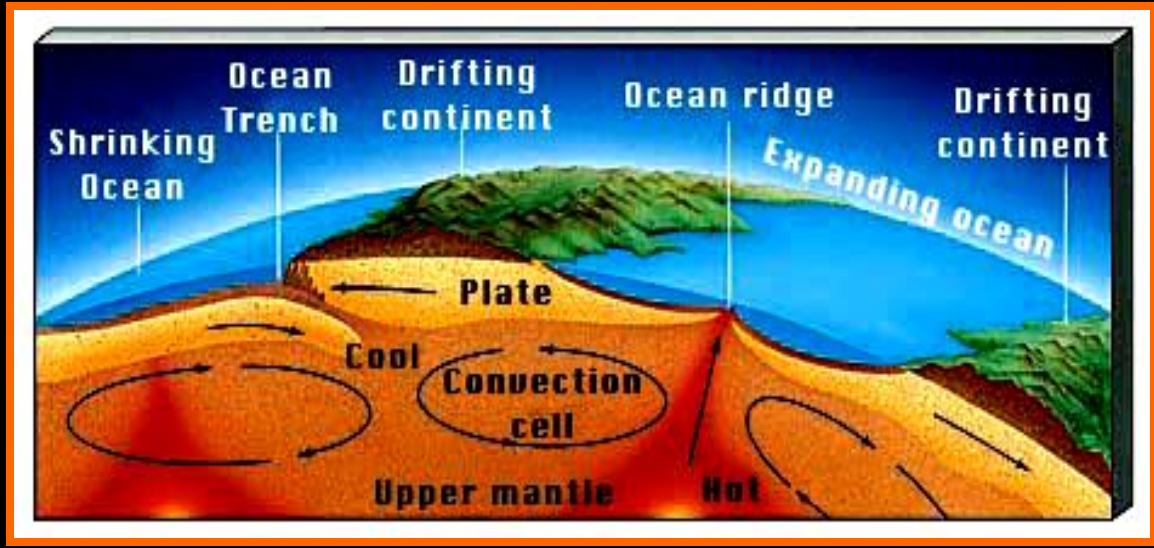
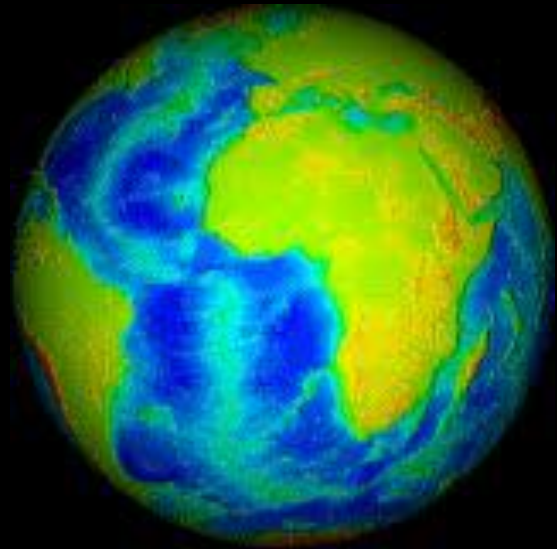
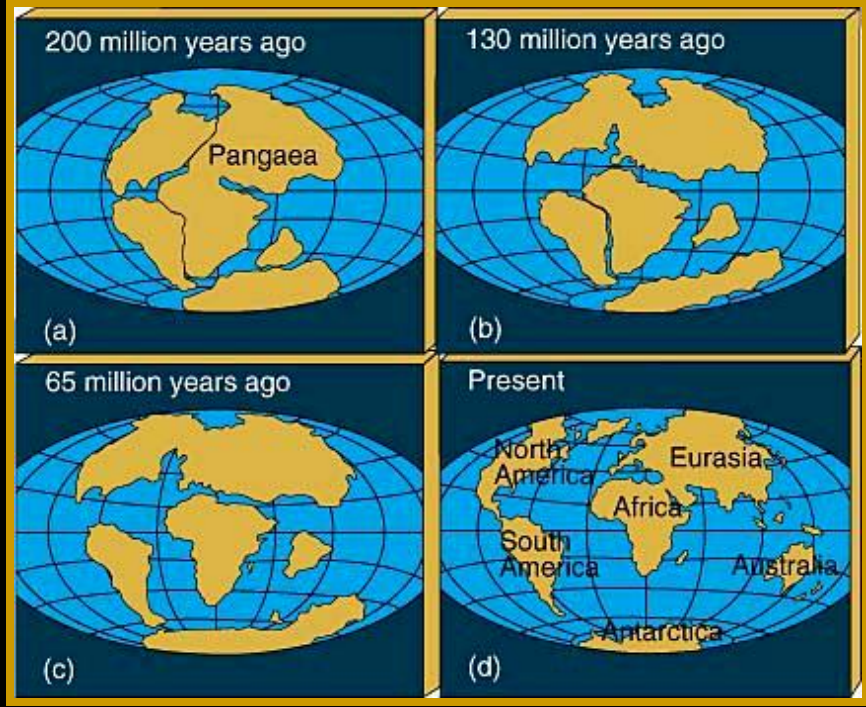
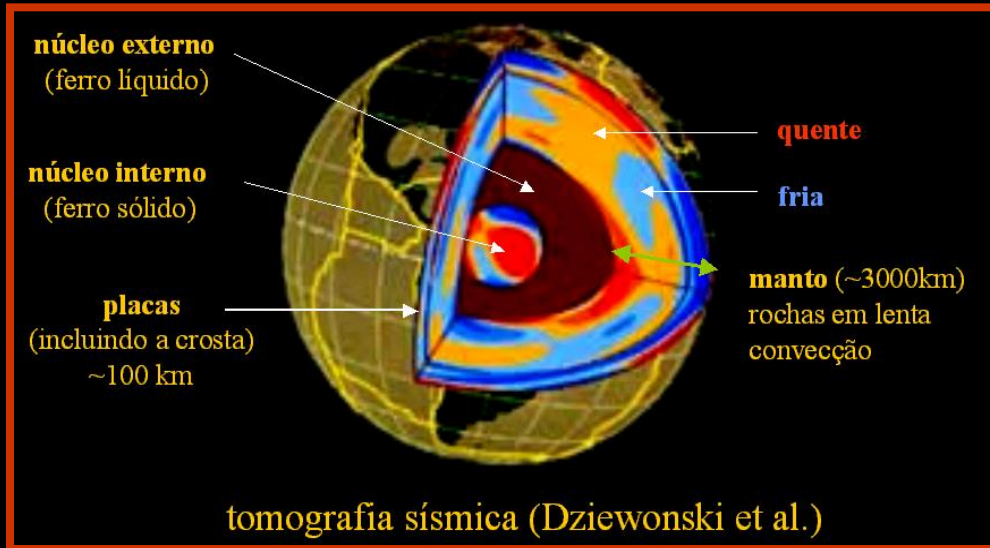
Topografia: 80% da superfície é plana; variação ≈ 1 km.

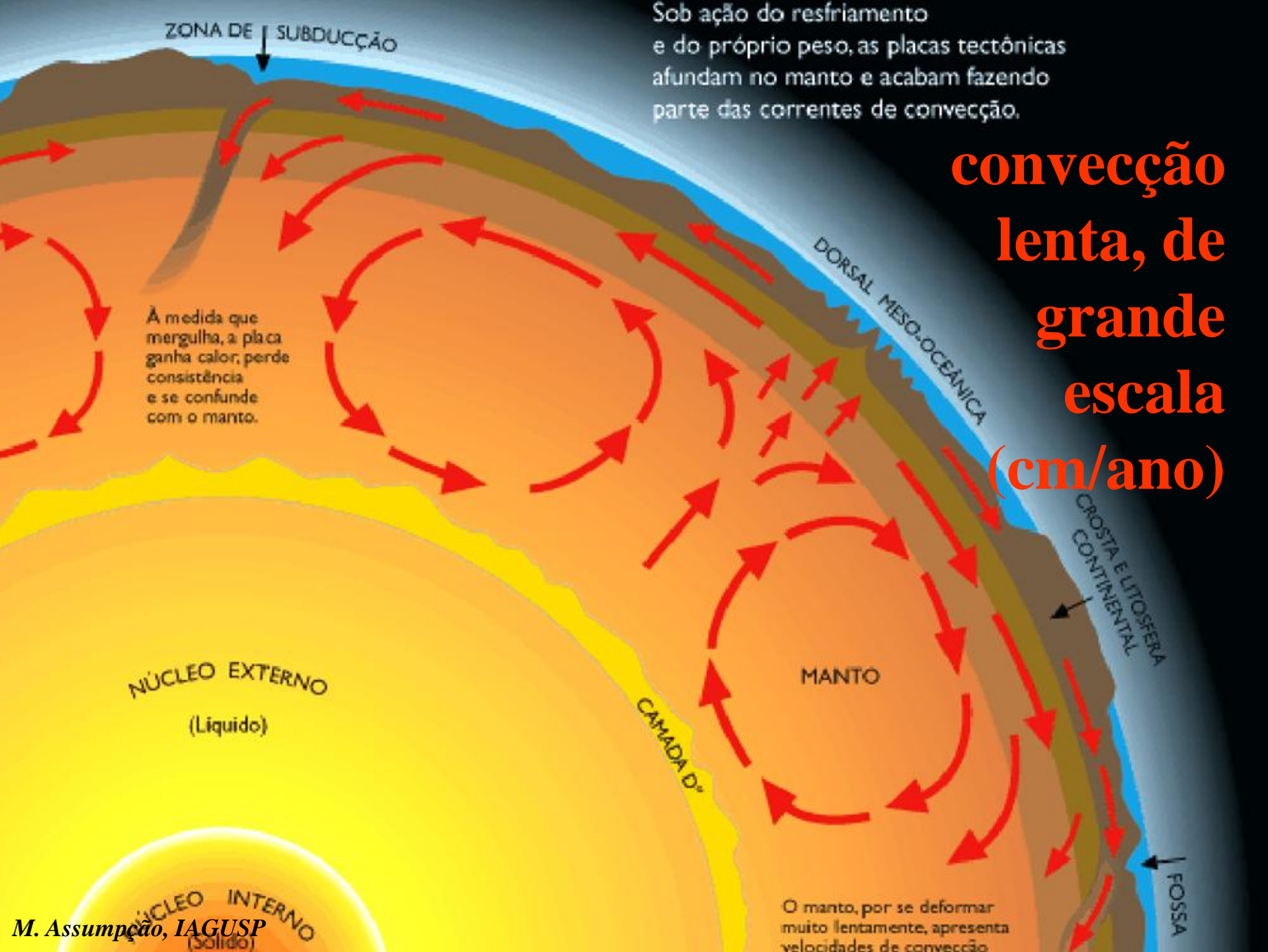
Idade da superfície: ~ 500 milhões anos

Processo responsável: lento e contínuo ou série de eventos maciços?
provavelmente o lento e contínuo

Gravidade superficial: altamente correlacionada com topografia
→ houve controle do processo por mecanismos internos

Terra: estrutura e superfície





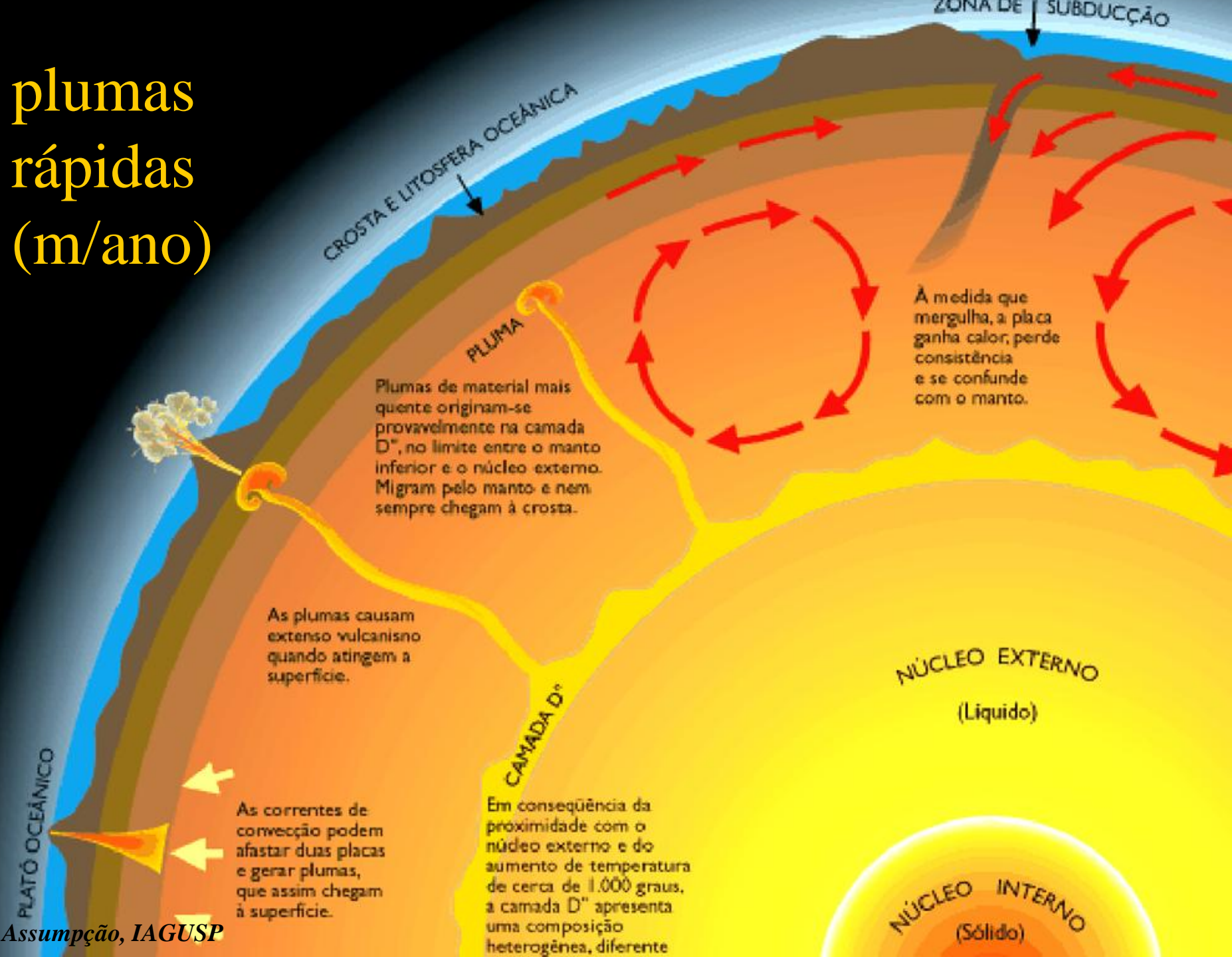
Sob ação do resfriamento e do próprio peso, as placas tectônicas afundam no manto e acabam fazendo parte das correntes de convecção.

**convecção
lenta, de
grande
escala
(cm/ano)**

À medida que mergulha, a placa ganha calor, perde consistência e se confunde com o manto.

O manto, por se deformar muito lentamente, apresenta velocidades de convecção

plumas rápidas (m/ano)



Vulcanismo

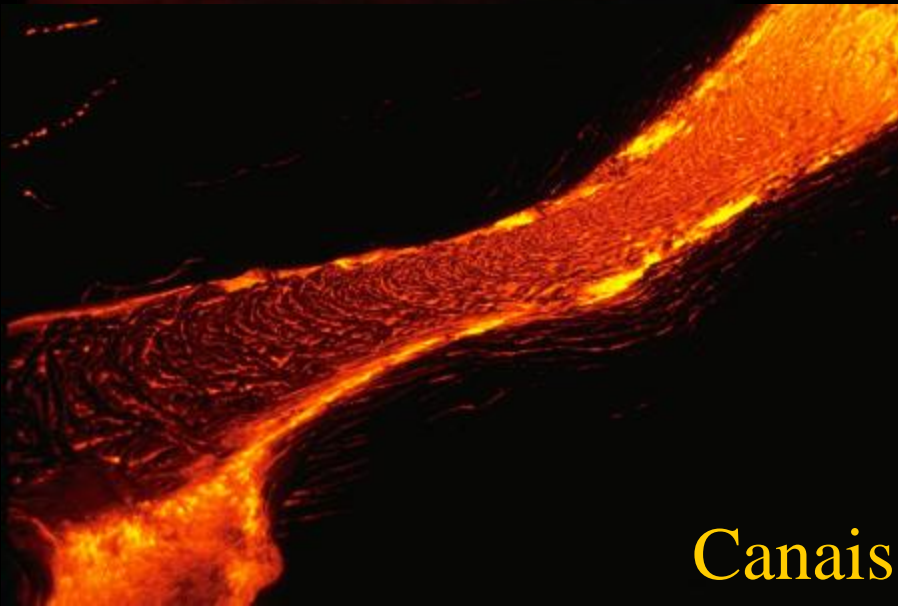
Fonte



Vapor



Canais



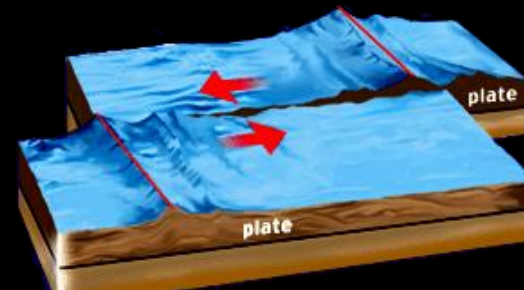
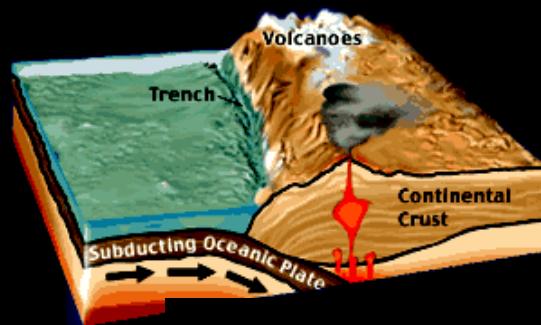
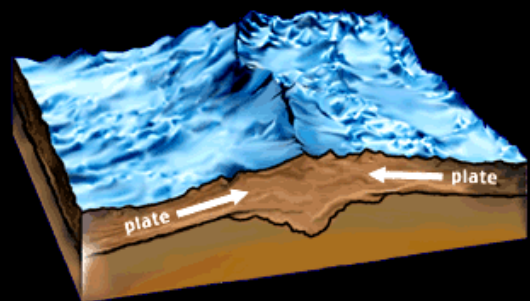
Vulcanismo



Lago de lava

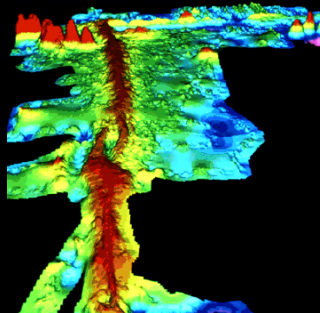
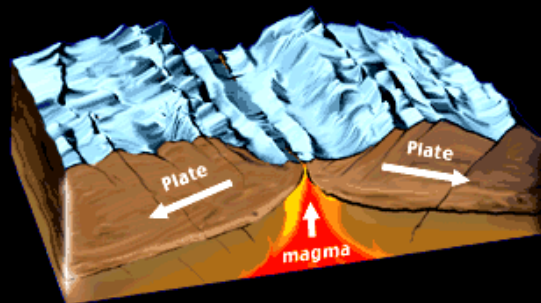
Terra: estrutura e superfície

As bordas de placas podem ser de 3 tipos, definidos pelo tipo de processo tectônico ativo

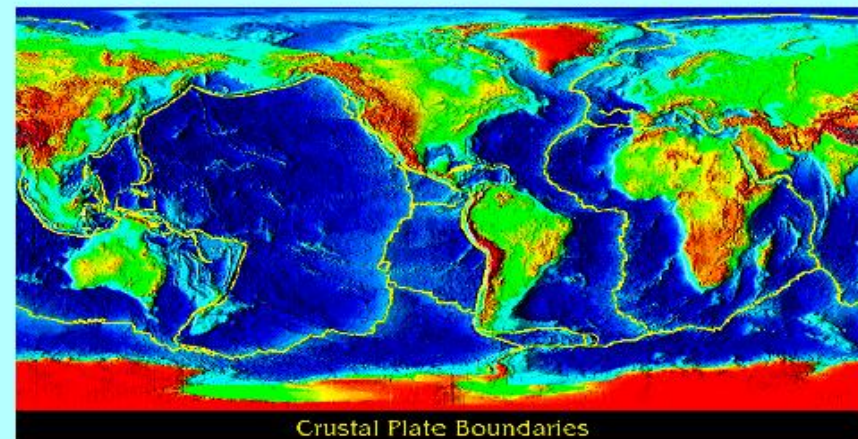


Margens Destrutivas
(convergência)

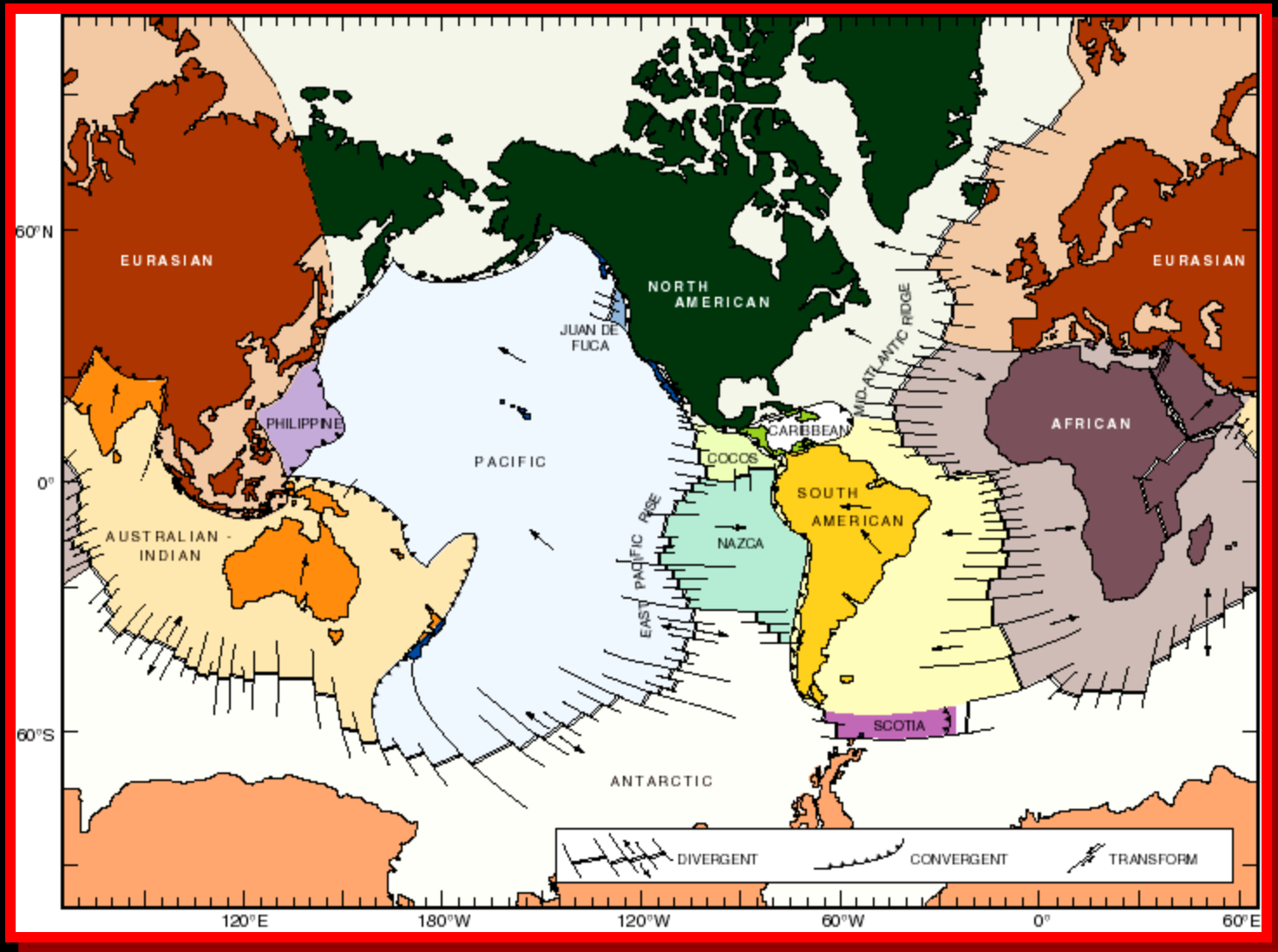
Margens Conservativas
(deslocamento relativo)



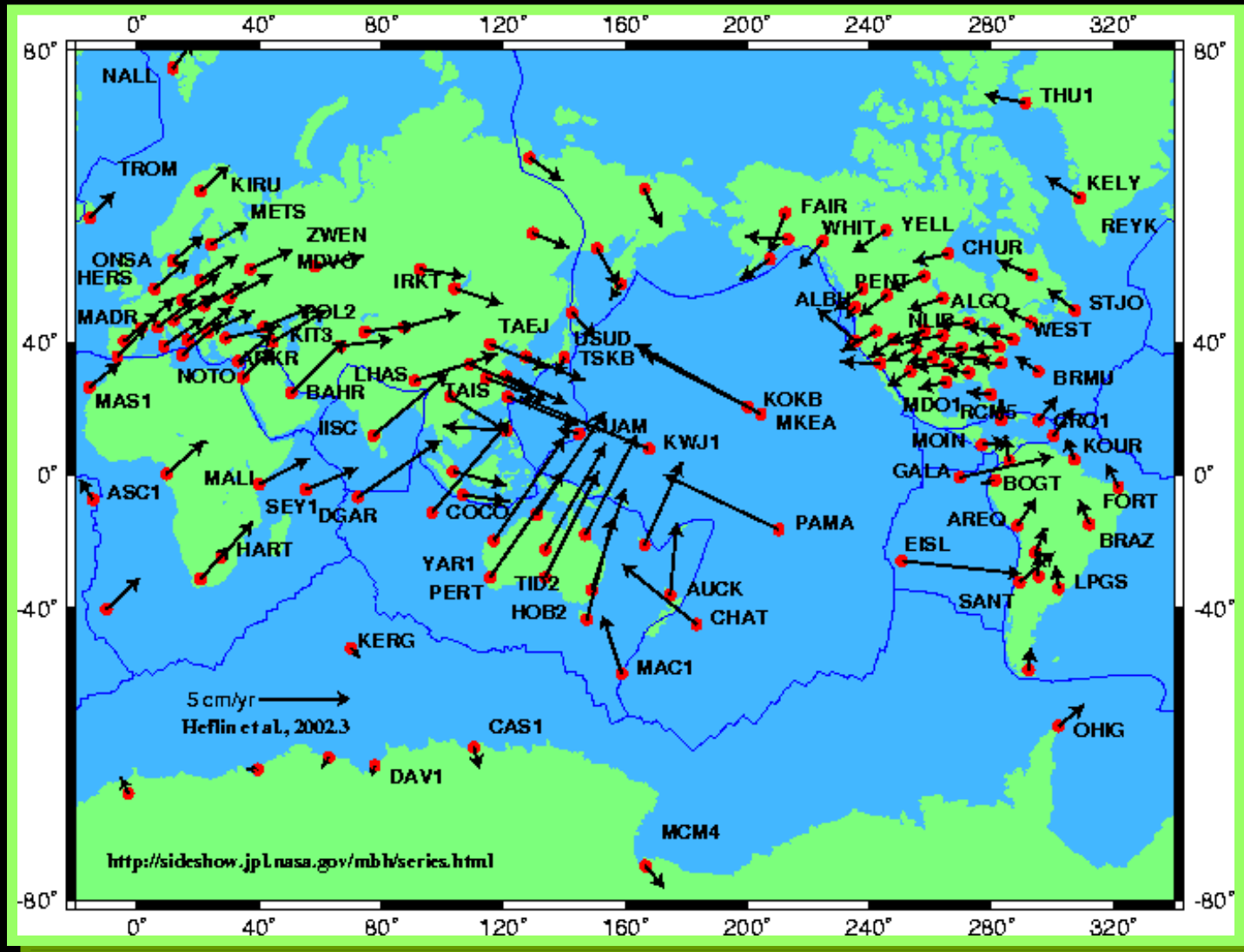
Margens Construtivas
(centros de espalhamento)



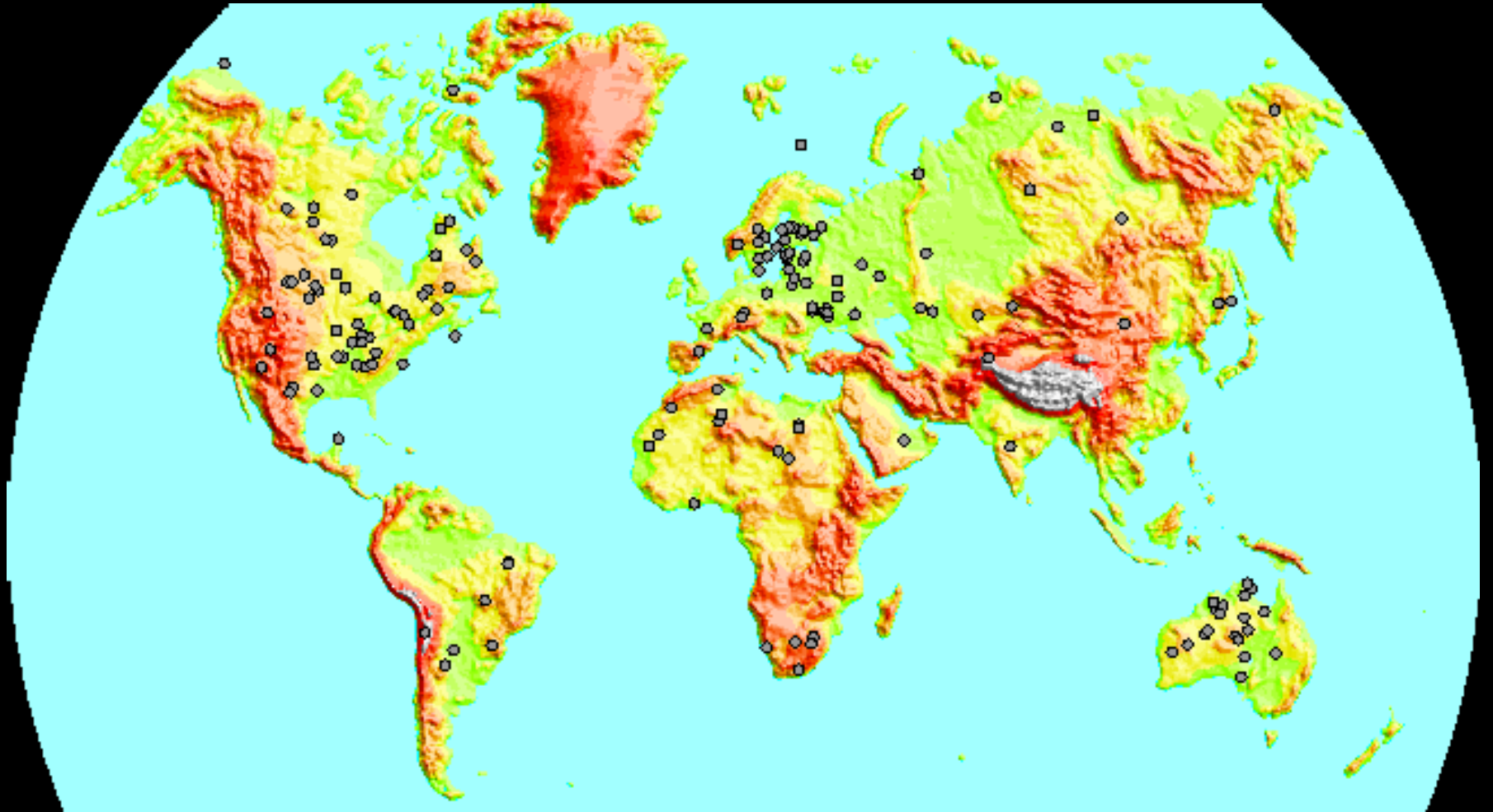
Terra: as placas litosféricas



Terra: as placas litosféricas

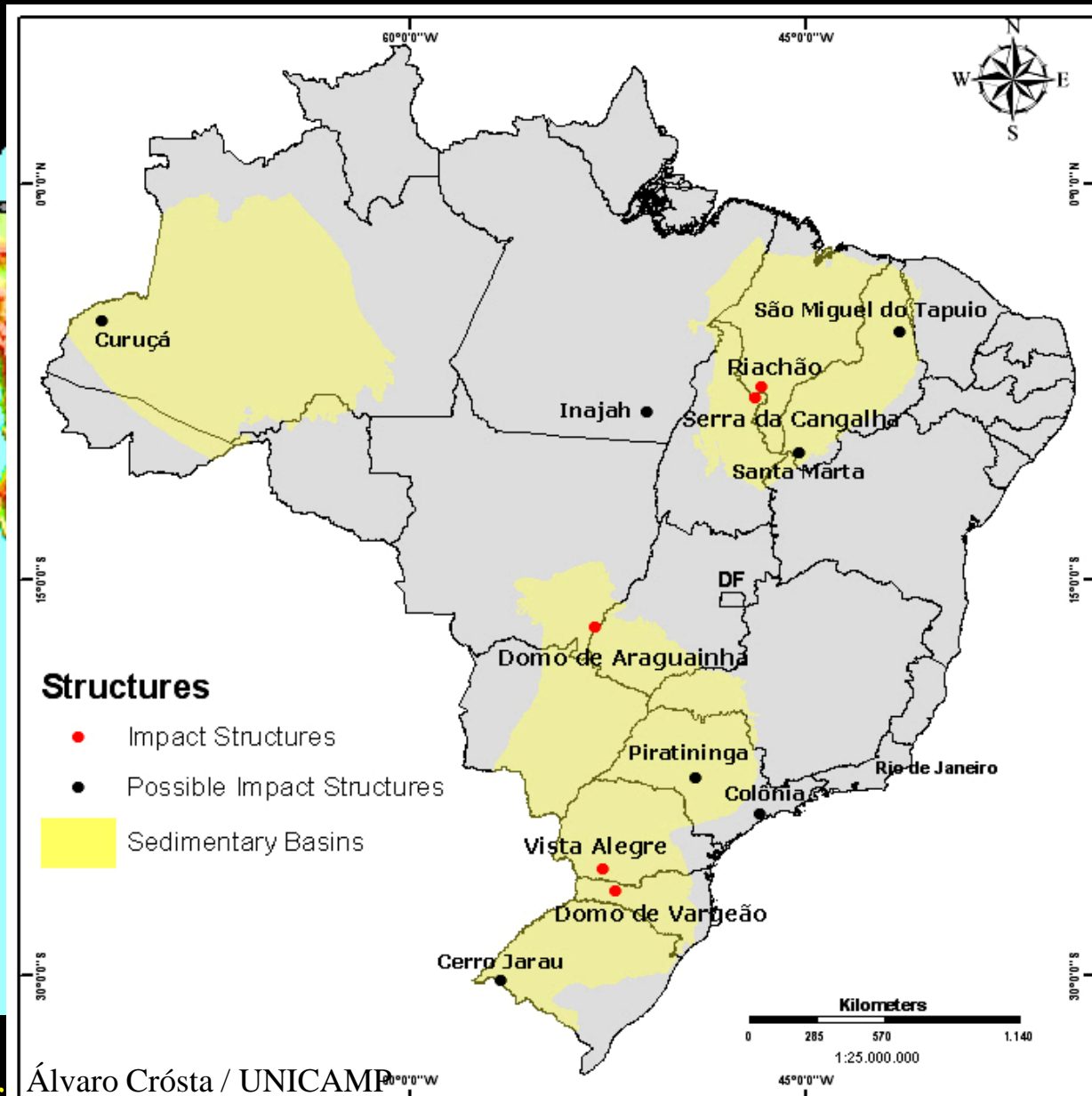


Crateras de impacto



As crateras de impacto da Terra: www.solarviews.com/enq/crater.htm

Crateras de impacto



Crateras de impacto

Cratera de Vargem Grande



Panorâmica



Crateras de impacto

Brasil

Domo de Araguainha Mato Grosso

40 km, 249 milhões de anos.



Serra da Cangalha Tocantins

12 km, 300 milhões de anos



Crateras de impacto

**Estados Unidos da
América do Norte**



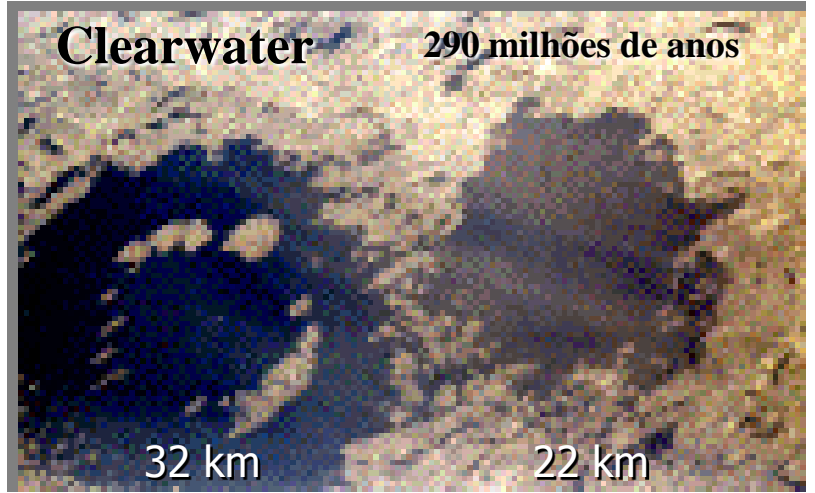
**Cratera Barringer
Arizona**

1,2 km;
menos que
50.000 anos

Canadá

Clearwater

290 milhões de anos



32 km

22 km

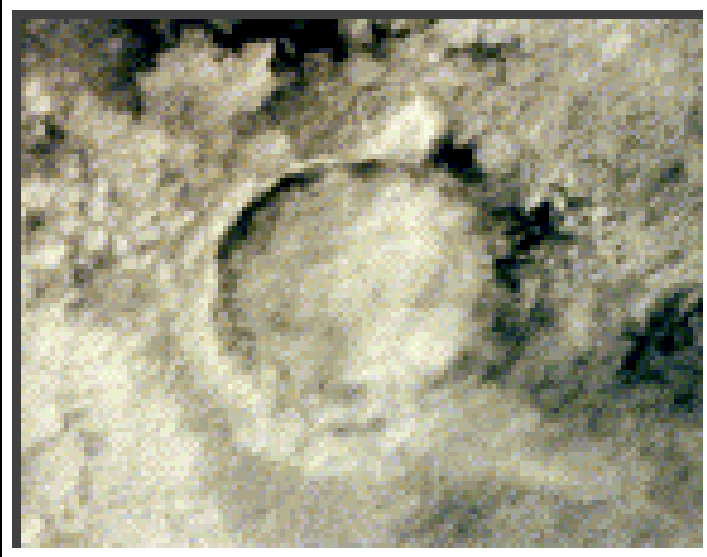
Manicouagan



70 km, 212 milhões de anos

Crateras de impacto

África



Bosumtwi Ghana (África)



Aorounga, Chad

Crateras de impacto brasileiras

No Brasil, as crateras do

Domo de Araguainha (MT/GO), 40 km de diâmetro,

Serra da Cangalha (TO), 12 km,

Riachão (MA), 4 km,

são astroblemas confirmados.

Cinco outras suspeitas no país ainda precisam ser analisadas

pelos pesquisadores.

No mundo, foram detectados cerca de 160 astroblemas,

muitos ainda não investigados.

As crateras de impacto da Terra:

www.solarviews.com/enq/crater.htm

Crateras de impacto brasileiras

**Domo de Araguainha
Mato Grosso**

Localização

Idade

249 ± 19 milhões de anos.

Cratera

40 km de diâmetro e

Foto mostrando toda cratera, ela abrange os estados de Mato Grosso (centro do impacto) e Goiás (embaixo e à direita).



© <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>

Crateras de impacto brasileiras

Estrutura de São Miguel do Tapuio - PI

Localização

Lat.: 5°38'S; Long.: 41°24'W

Idade

pré-abertura do Oceano Atlântico

Cratera

~ 20 km de diâmetro.

© EMBRAPA



Crateras de impacto brasileiras

Serra da Cangalha Tocantins

Localização:

Idade
300 milhões de anos

Cratera
tem 12 km de diâmetro

© EMBRAPA



Crateras de impacto brasileiras

Cratera do Vargeão - SC

Localização:

Lat.: 26° 48.5'S ; Long.: 52° 09.9'W

Idade:

entre 70 e 110 milhões de anos

Objeto impactante:

asteróide entre 700 e 1000 metros de diâmetro

Cratera:

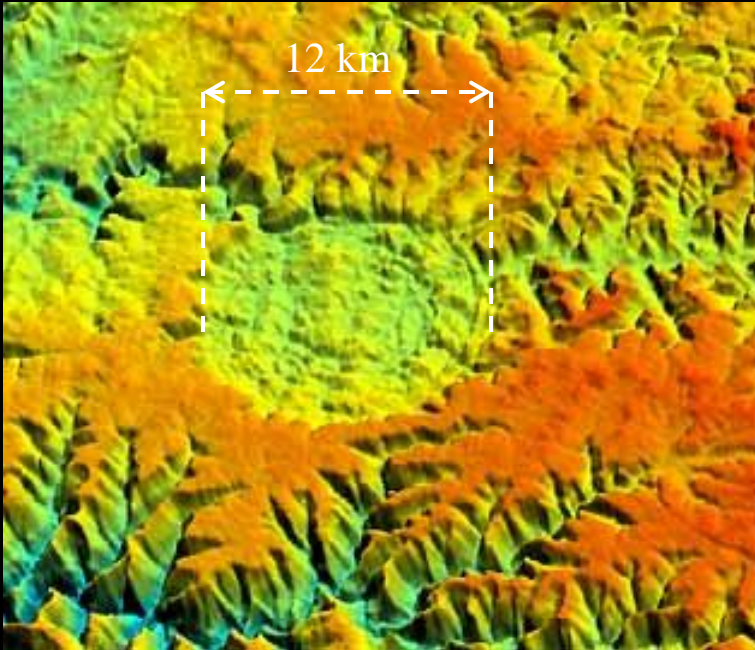
cerca de 12 km de diâmetro.



Crateras de impacto brasileiras

Há mais de 70 milhões de anos, a queda de um asteróide de cerca de 600 metros de diâmetro causou destruição num raio de centenas de quilômetros e afetou toda a América Latina. Isso ocorreu aqui mesmo no sul do Brasil, como recentemente comprovaram cientistas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

O impacto do asteróide, cuja força foi semelhante à de 550 mil bombas atômicas iguais à de Hiroshima, gerou uma cratera de 12 km de diâmetro no atual município de Vargeão (SC).



Topografia da cratera de Vargeão (SC) com base nos dados do radar interferométrico do ônibus espacial Endeavour (imagens: A.P. Crósta e C. Kazzuo)



As estrias encontradas em amostras de arenito (esq.) e basalto (dir.) foram provocadas pelo choque de um asteróide no período Cretáceo

Crateras de impacto brasileiras

Cerro do Jarau - RS

Localização

Lat.: 30°12'S; Long.: 56° 33'W

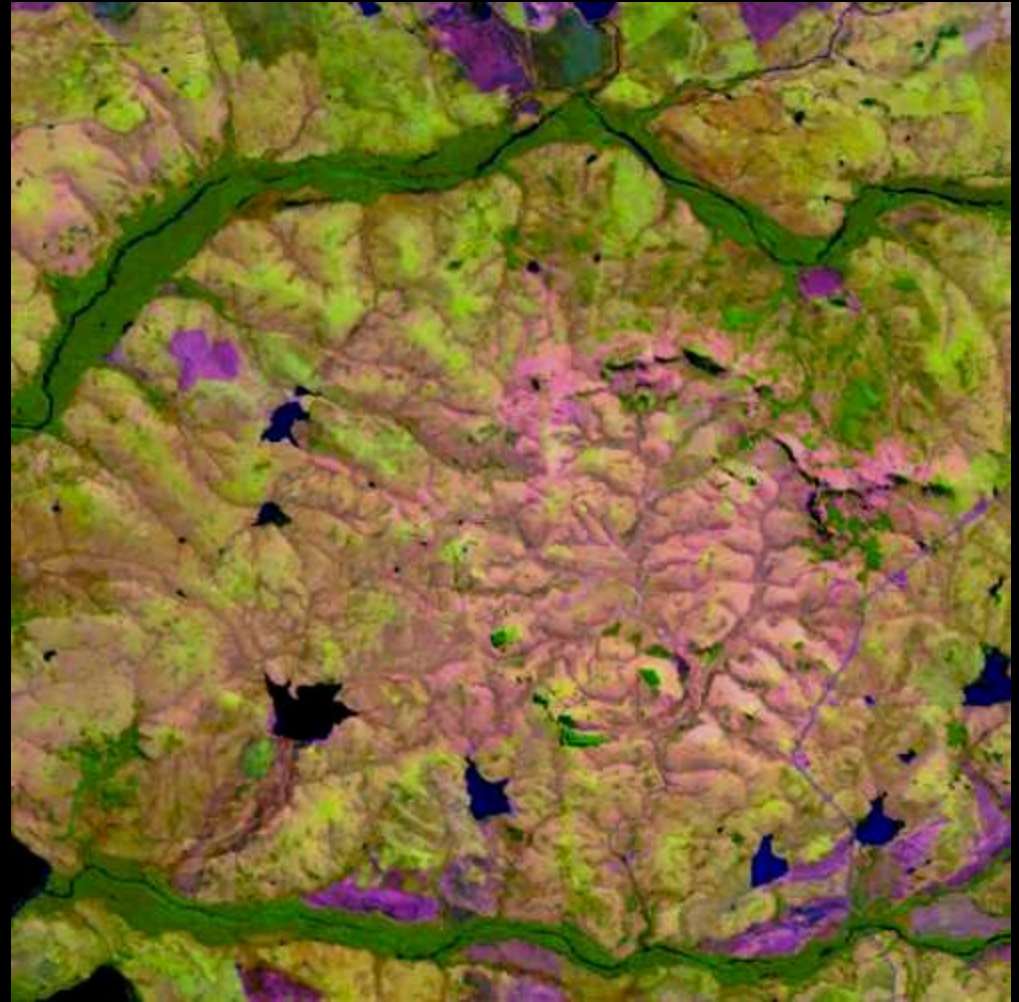
Idade

117 ± 17 milhões de anos

Cratera

5,5 km de diâmetro.

A estrutura central está um pouco à direita do centro na área rosada onde se vê alguns picos num alinhamento semicircular. A borda da cratera apresenta lagos(escuros) que se vê ao oeste e sudeste.



Crateras de impacto brasileiras

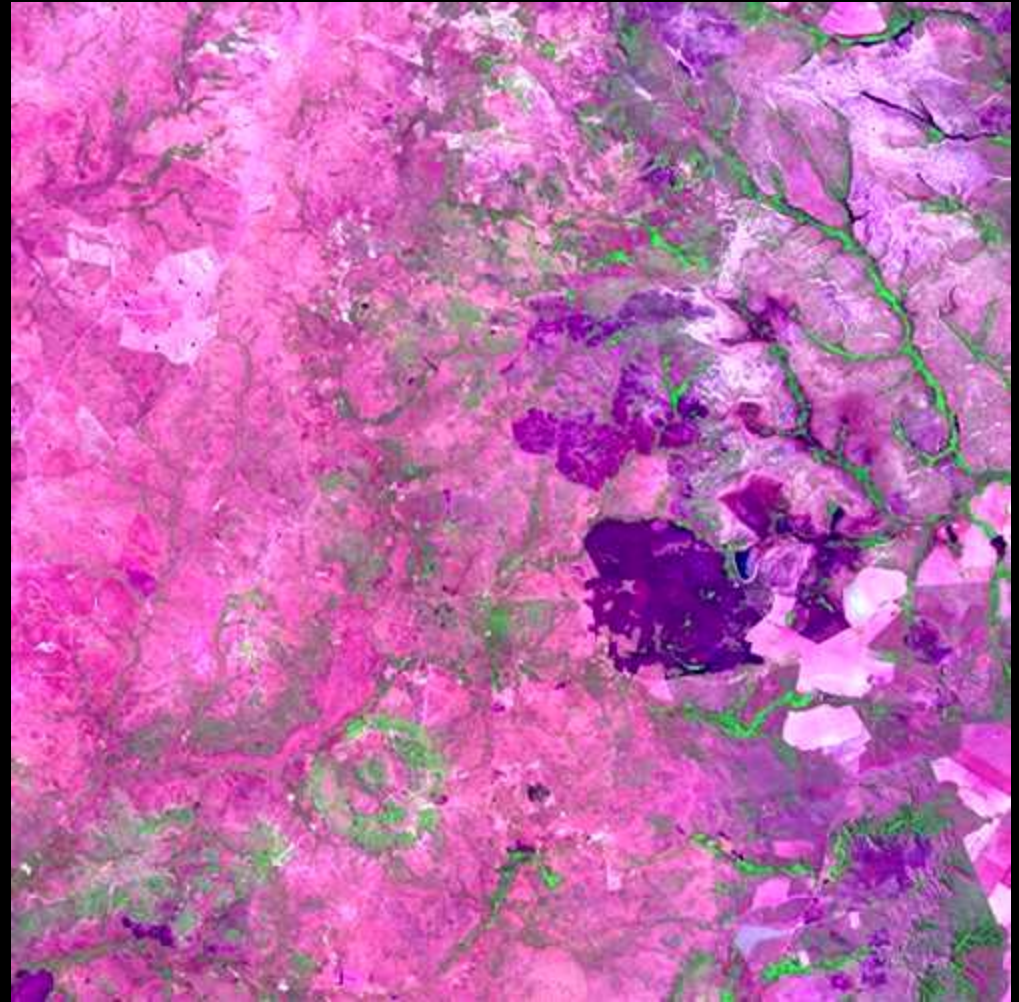
**Riachão Ring,
Maranhão**

Localização

Idade
200 milhões de anos

Cratera
4,5 km de diâmetro e, em baixo um
pouco à esquerda do centro.

© EMBRAPA



Crateras de impacto brasileiras

**Cratera da Colônia,
Parelheiros, São Paulo**

Localização:

Idade
36 milhões de anos

Cratera
3,6 km de diâmetro



Crateras de impacto brasileiras

Vulcão extinto no estado do
Rio de Janeiro
Próximo a Rio das Ostras:

Vista da encosta nordeste do
vulcão de Rio das Ostras - RJ



Crateras de impacto



Visão da época

A poeira permaneceu semanas na atmosfera.

A luz solar refletida clareava as noites numa extensão que ia das montanhas do Cáucaso às Ilhas Britânicas.

Nenhum fragmento foi encontrado no solo.

Tunguska

Região da Sibéria

30/Junho/1908, às 7h

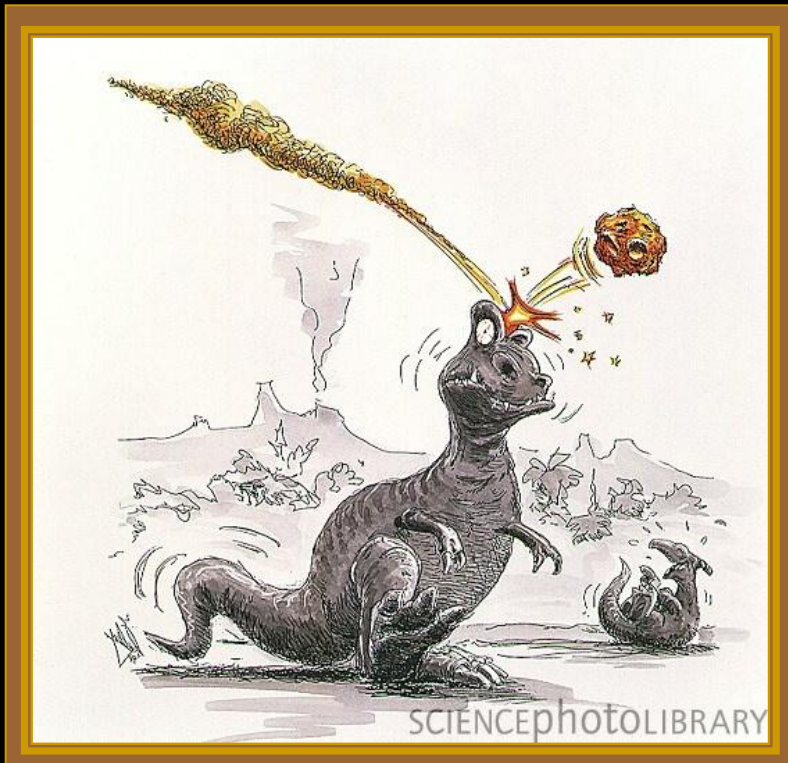
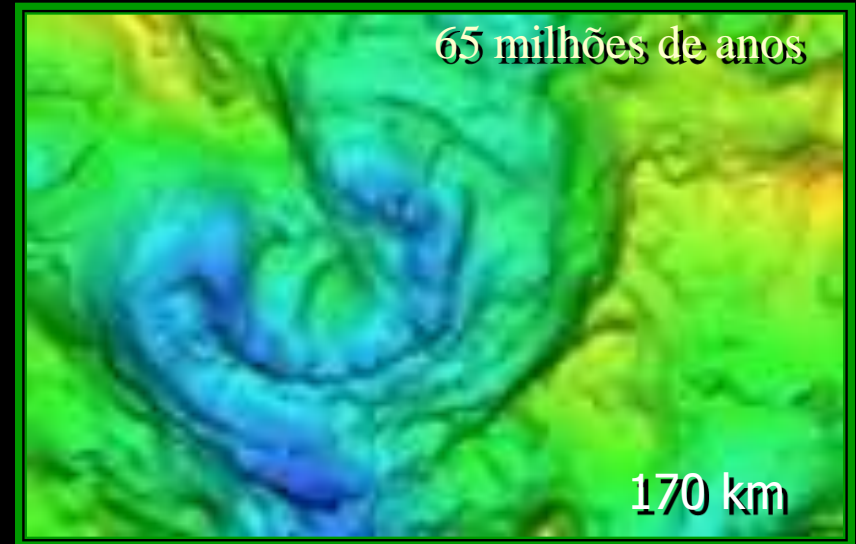


Visão atual

Crateras de impacto

Chicxulub

**Península de Yukatan
(México)**



**Este evento catastrófico
ocorreu na época da
extinção dos dinossauros.**

Crateras de impacto

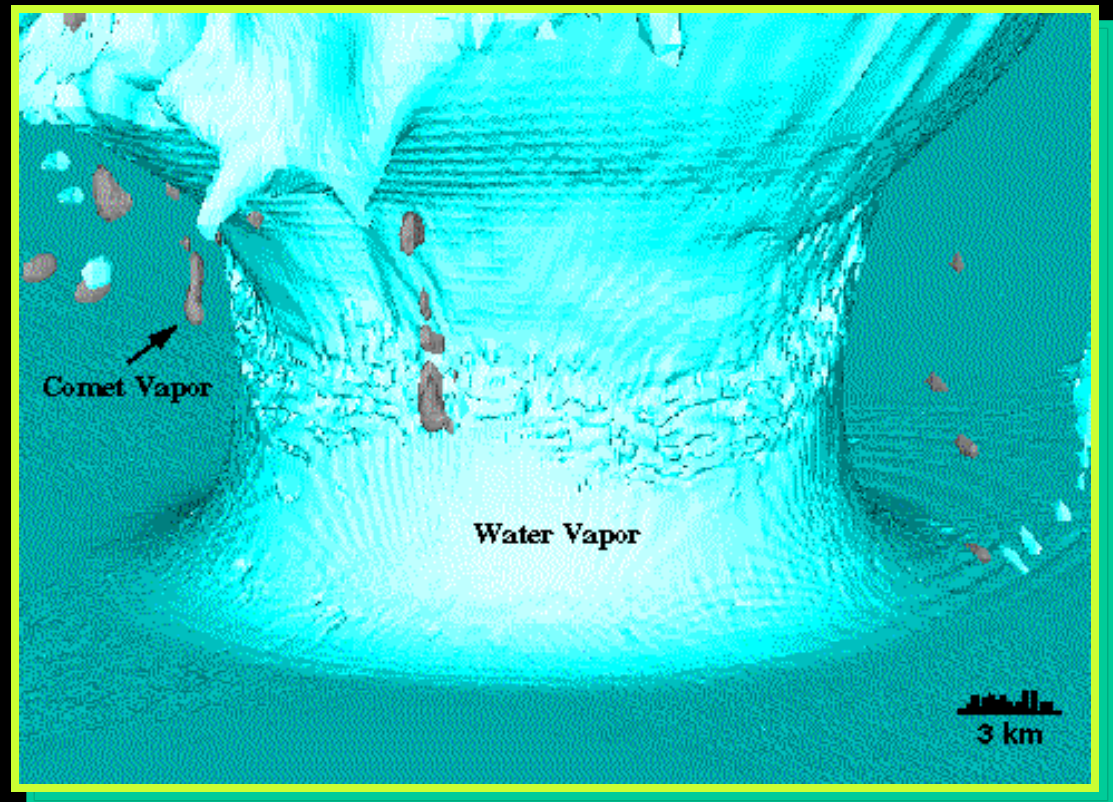
A dissipação instantânea da energia cinética provoca o efeito da explosão.

Embora com menor massa os cometas podem provocar colisões mais violentas que os asteróides porque mevem-se com velocidades bem maiores.

Ao lado uma simulação de um impacto de grandes proporções no mar. A altura do jato de água lançada ao ar pode ultrapassar o teto de circulação dos vãos civis. O Tsumani decorrente atinge proporções jamais vistas.

Energia Cinética

$$\text{massa} \rightarrow \frac{M \times V^2}{2} \leftarrow \text{velocidade}$$



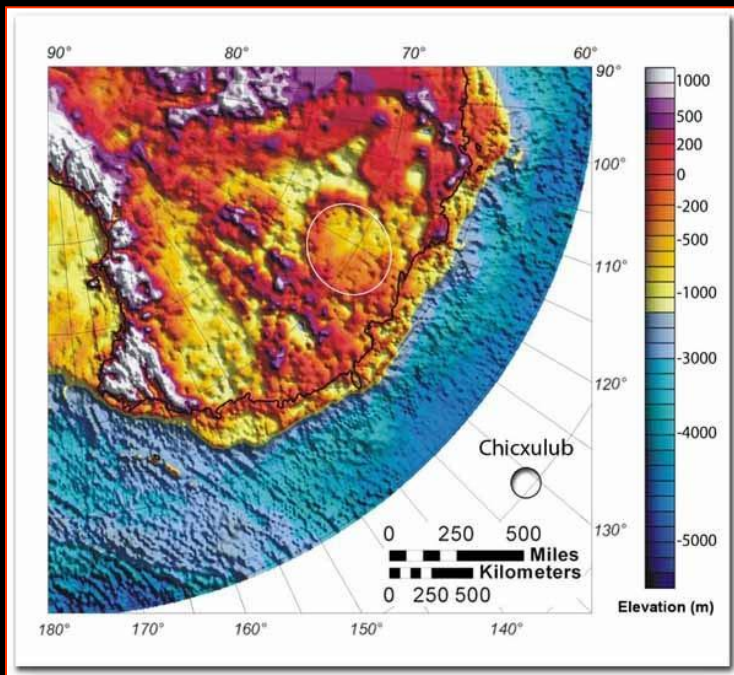
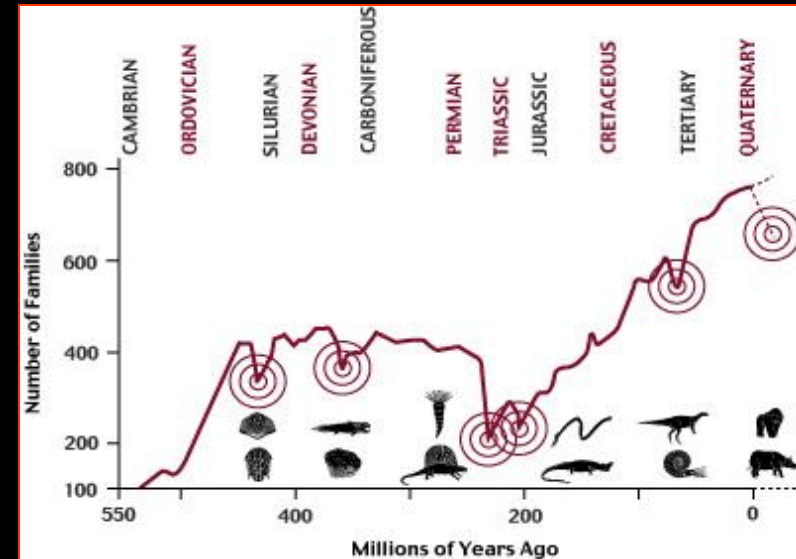
Crateras de impacto

Wilkes Land

~480km

250 milhões de anos

Esta cratera, recentemente descoberta, foi produzida por um impacto de grandes proporções ocorrido na época da maior extinção em massa registrada.



Marte

04/07/97 - Mars Pathfinder Sojourner



MARTE



08/01/04 - Mars Exploration Rover Spirit



Sondas em operação



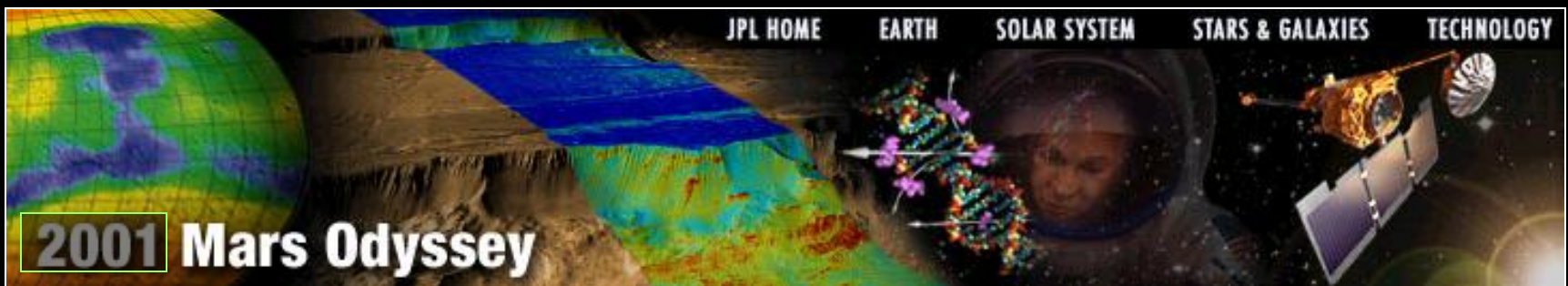
JPL HOME EARTH SOLAR SYSTEM STARS & GALAXIES TECHNOLOGY

Mars Global Surveyor

Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

1996

This banner features the NASA logo on the left, a navigation menu at the top, and a background image of Mars. The text 'Mars Global Surveyor' is prominently displayed in the center, with the agency name below it. A small box on the left contains the year '1996'.



JPL HOME EARTH SOLAR SYSTEM STARS & GALAXIES TECHNOLOGY

2001 Mars Odyssey

This banner includes a navigation menu at the top and a background image showing a 3D topographic map of Mars, a satellite in orbit, and a DNA double helix. The text '2001 Mars Odyssey' is on the left, and the agency name is at the top right.



JPL HOME EARTH SOLAR SYSTEM STARS & GALAXIES TECHNOLOGY

2004 Mars Exploration Rover Mission

This banner features a navigation menu at the top and a background image of a Mars rover on the surface, a parachute, and a meteorite. The text '2004 Mars Exploration Rover Mission' is on the left, and the agency name is at the top right.



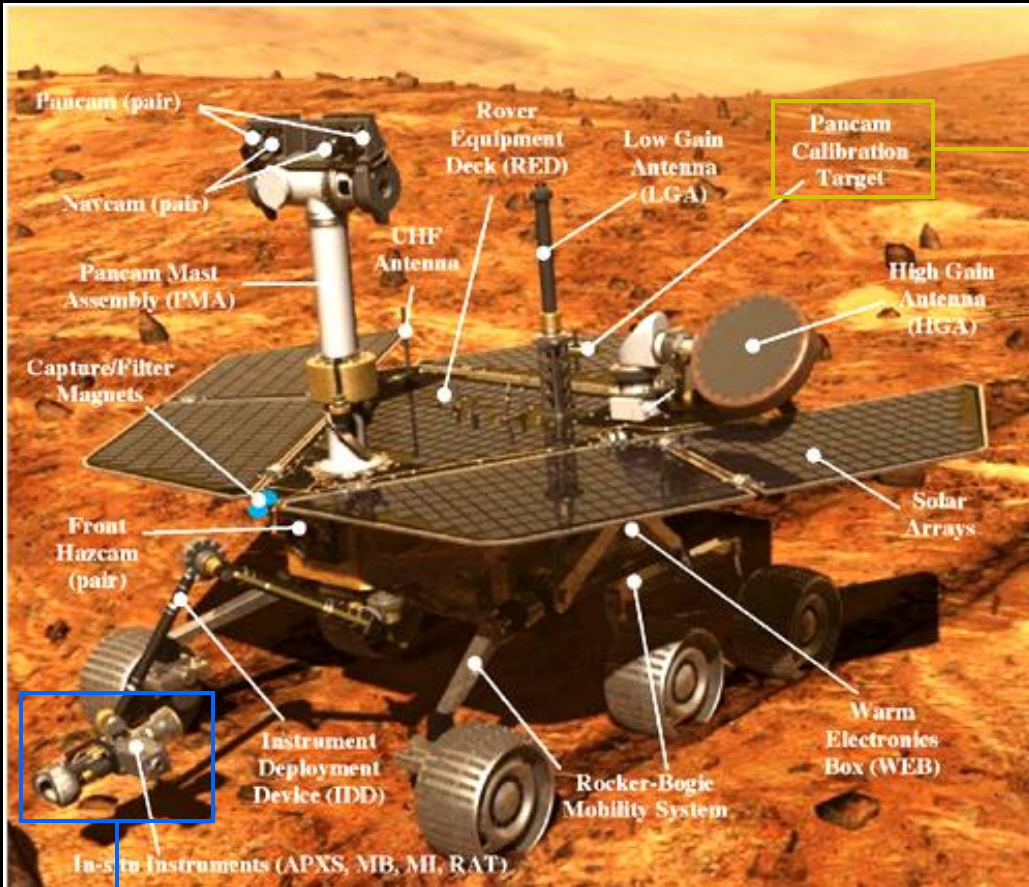
esa Mars Express

European Space Agency

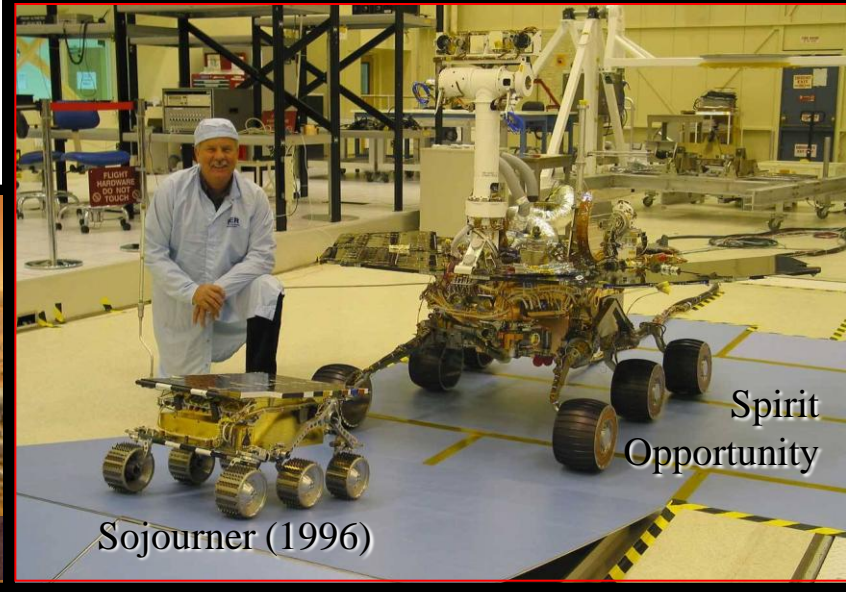
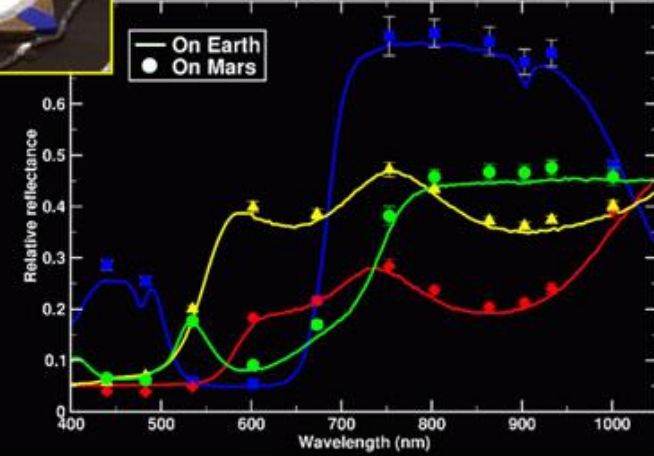
2004

This banner has a red background with a Mars surface texture. It features the ESA logo and the text 'Mars Express' and 'European Space Agency'. A small box on the left contains the year '2004'.

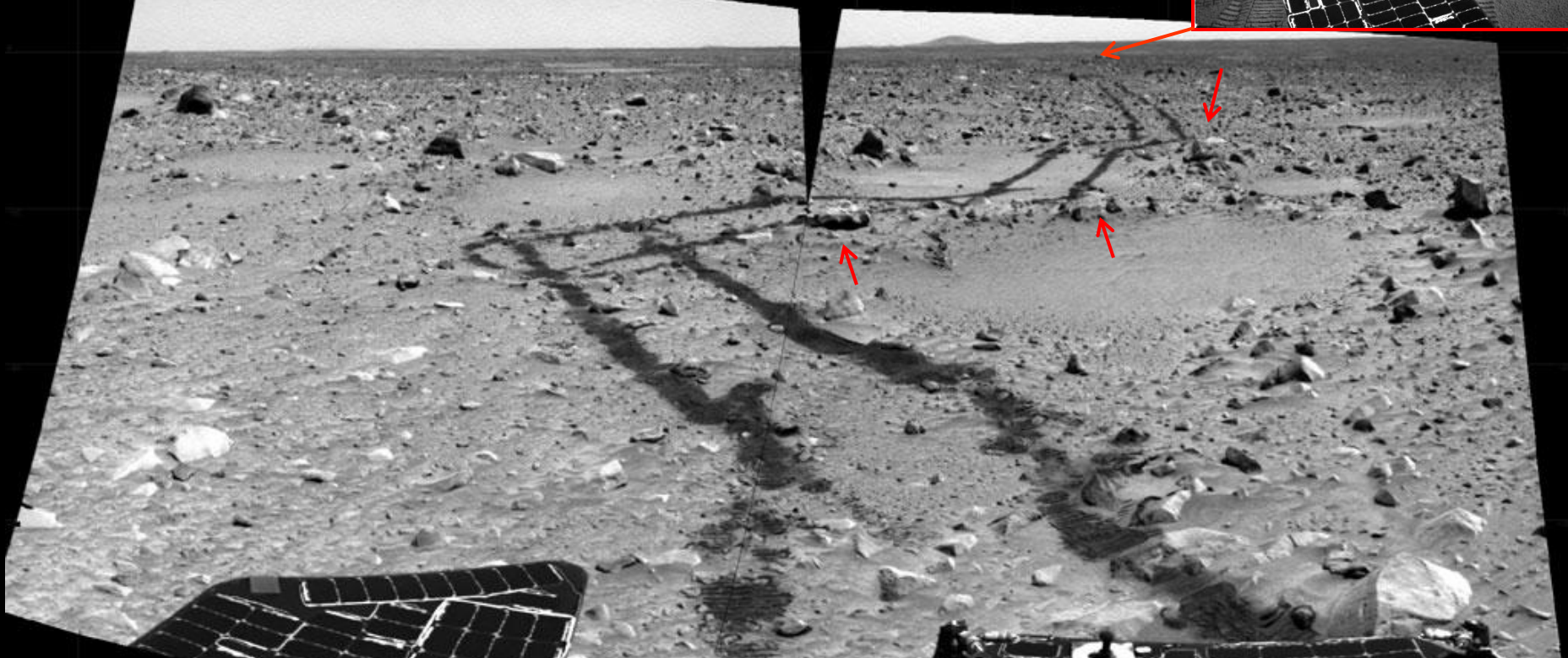
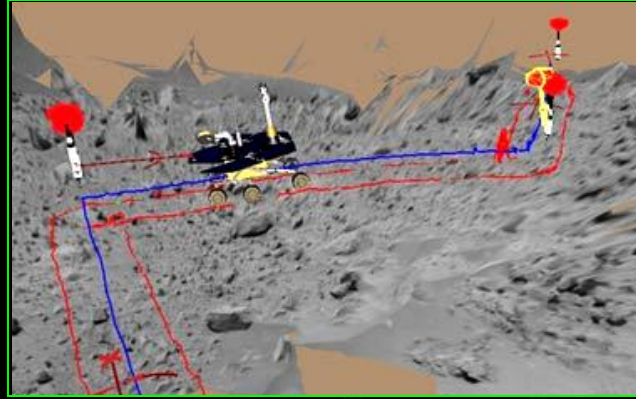
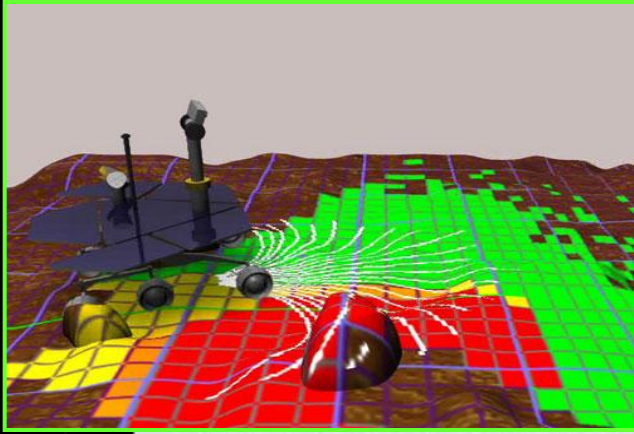
Os robôs SPIRIT (134d) e OPPORTUNITY (114d)



Calibration target color chips (Gusev, Sol 2)



Sistema de navegação



Trajetos escolhidos para percorrer 240 metros.

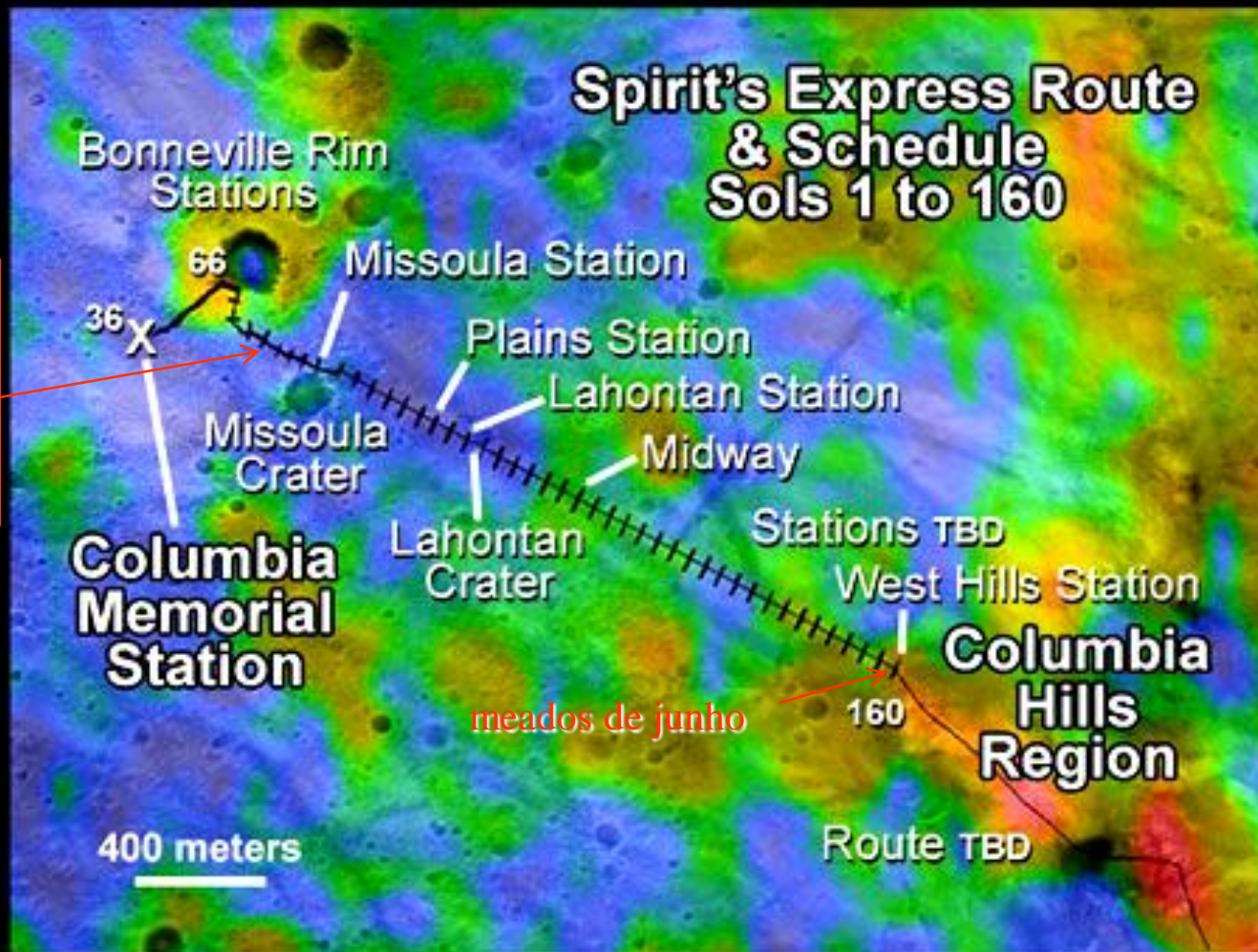
Spirit a caminho dos montes “Columbia”



Cores exageradas premeditadamente para diferenciar:

- ⇒ rochas “limpas” das “empoeiradas”, e
- ⇒ solos “claros” dos “escuros”.

Spirit a caminho dos montes “Columbia”

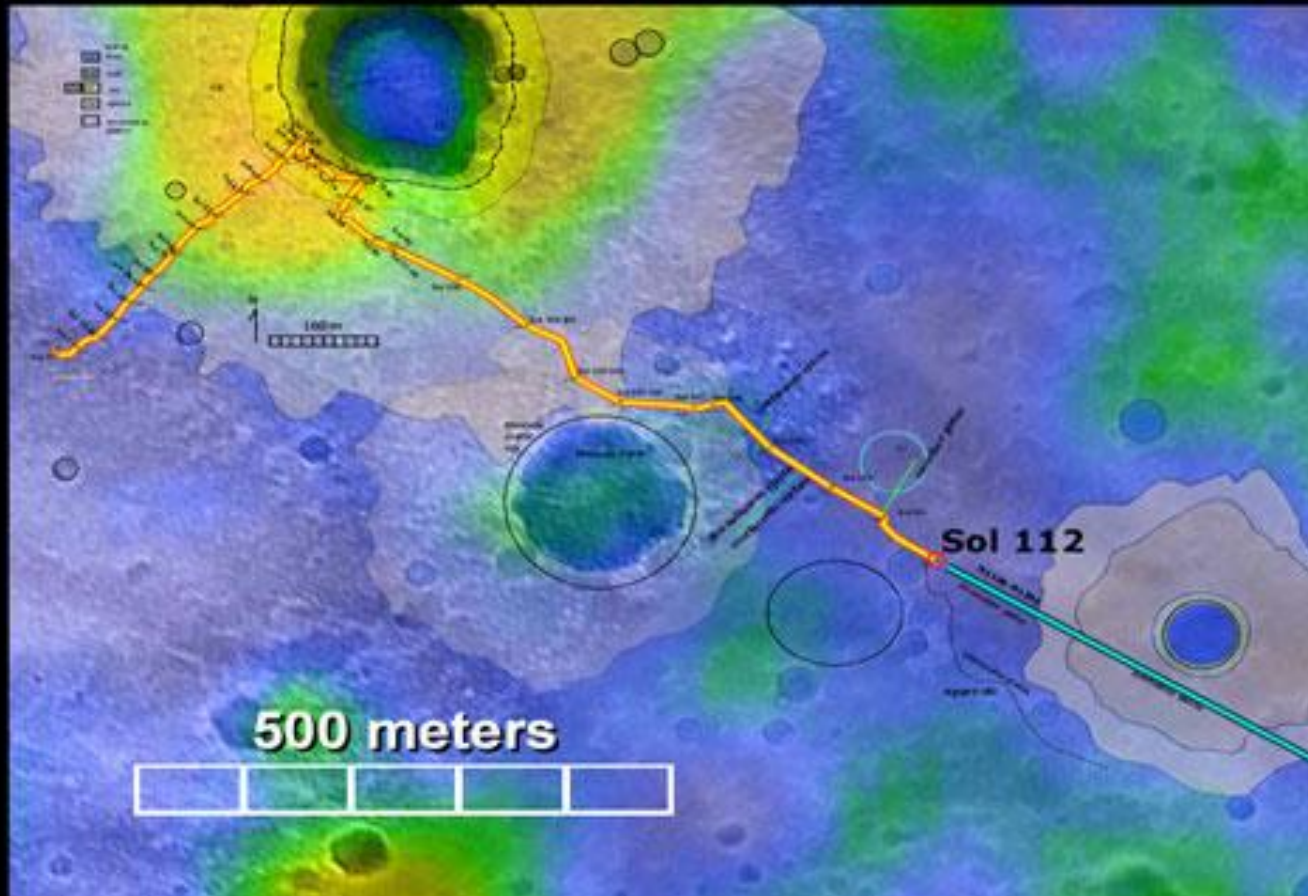


Cada marca representa deslocamento diário (sol) de 60-70 m.

Vermelho - alta inércia térmica, associada a terrenos rochosos (frios de dia, quentes à noite)
Azul - baixa inércia térmica, associado a pequenas partículas e poucas rochas.

Mapa composto com imagens da *Mars Global Surveyor* (visual) e *Mars Odyssey* (térmica)

Previsões confirmadas



Mars Global Surveyor e *Mars Odyssey* (infravermelho) :
regiões claras circundando crateras são áreas formadas por material ejetado das crateras.

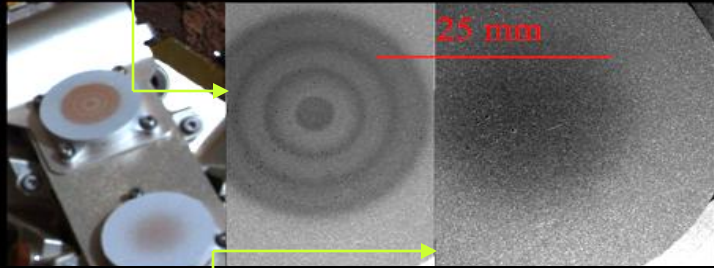
Spirit confirmou previsões através de análises de rocha e solo.

Câmeras panorâmicas



Câmera panorâmica dos robos.
Filtros multicoloridos e no infravermelho permitem identificar minerais que constituem as rochas e o solo.

Campo magnético variado: usado para aumentar a força magnética e atrair poeira contendo Fe e/ou magnetizadas.

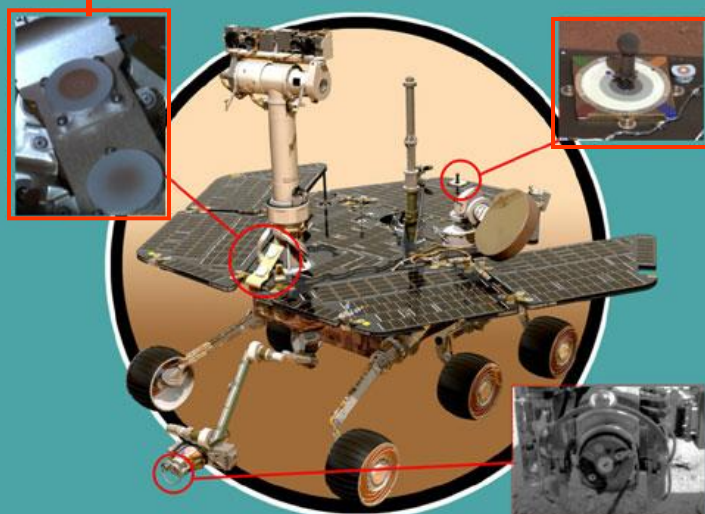


Poeira Marciana é Magnetizada As origens da poeira marciana são um mistério:

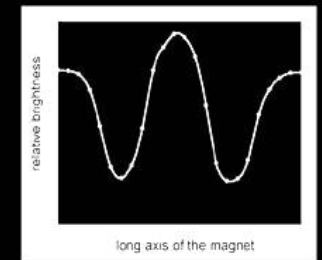
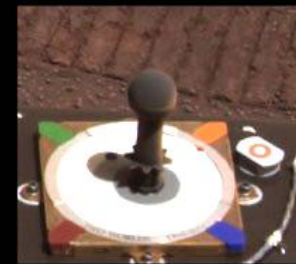
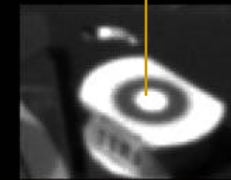
- ⇒ cinza vulcânica ?
- ⇒ rocha pulverizada ?
- ⇒ mineral precipitado de água líquida ?

- Partículas não magnetizadas devem espalhar-se por toda a superfície do magneto, incluindo o centro. Mas o centro permanece limpo!!!
- A poeira atmosférica marciana é magnetizada?.

- **Campo magnético contínuo:** força magnética mais fraca atrai as partículas fortemente magnetizadas.
- **Partículas escuras grandes!!** ⇒ agregados de partículas pequenas aglutinadas pelo campo magnético???



Magnetos coletam poeira para estudos com 2 espectrômetros.



Os robôs **SPIRIT** e **OPPORTUNITY**

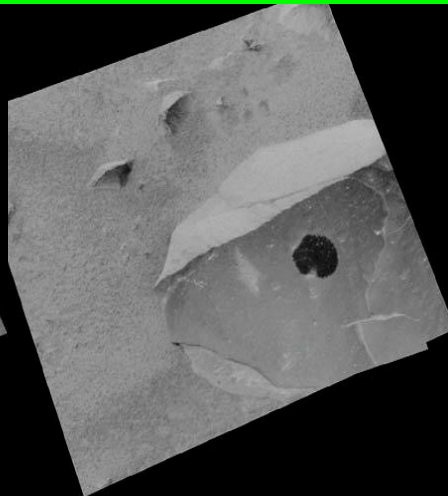
aproxima-se



examina



escova a superfície



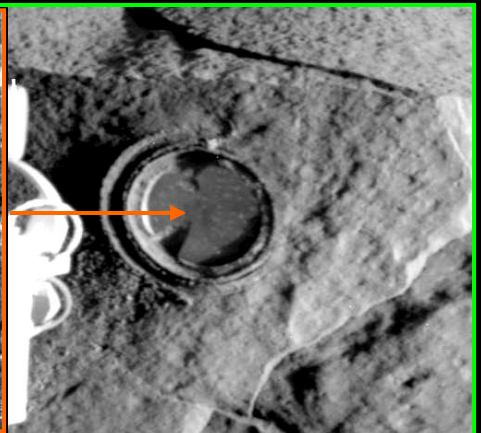
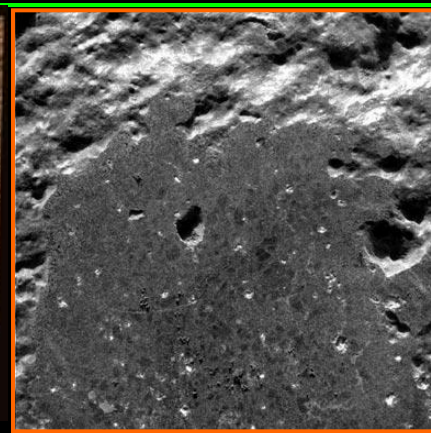
examina de perto



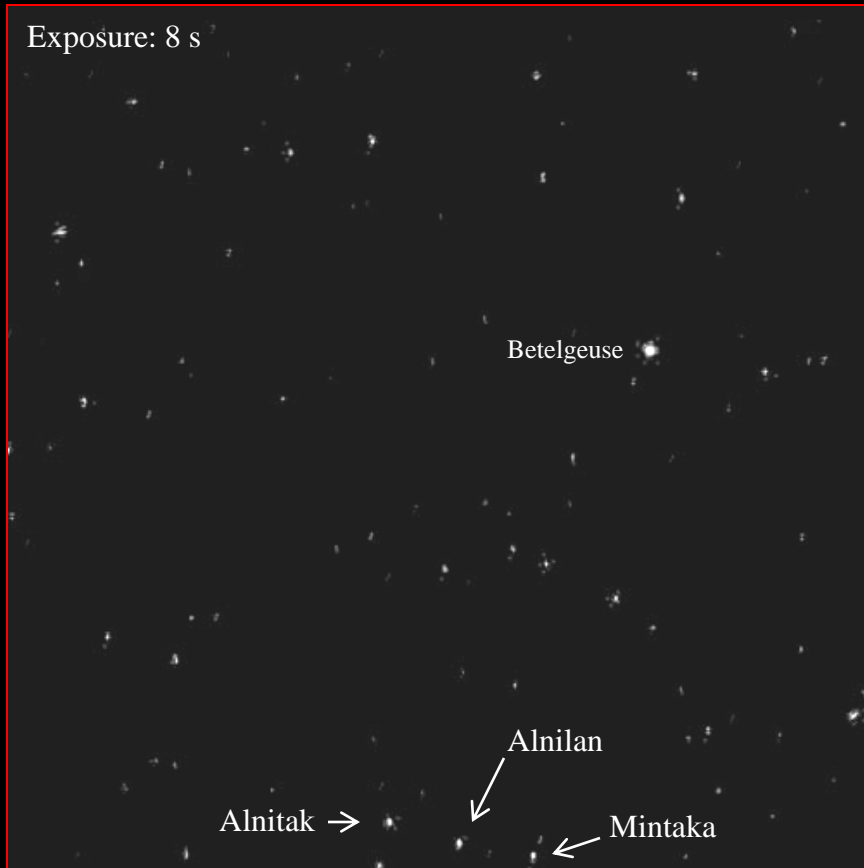
cavoca o solo...



esmerilha e analisa



Observação astronômica



Estrelas em Orion

11/3/ 2004

Estrelas e raios cósmicos

- Imagens são enviadas à Terra através do orbitador “Mars Global Surveyor”
- Estas imagens serão utilizadas para estudos de possíveis observações astronômicas de Marte

Observação astronômica

Trânsitos dos satélites

Por serem pequenos, os trânsitos não provocam eclipses solares, como ocorre com a Lua.



Deimos



Fobos

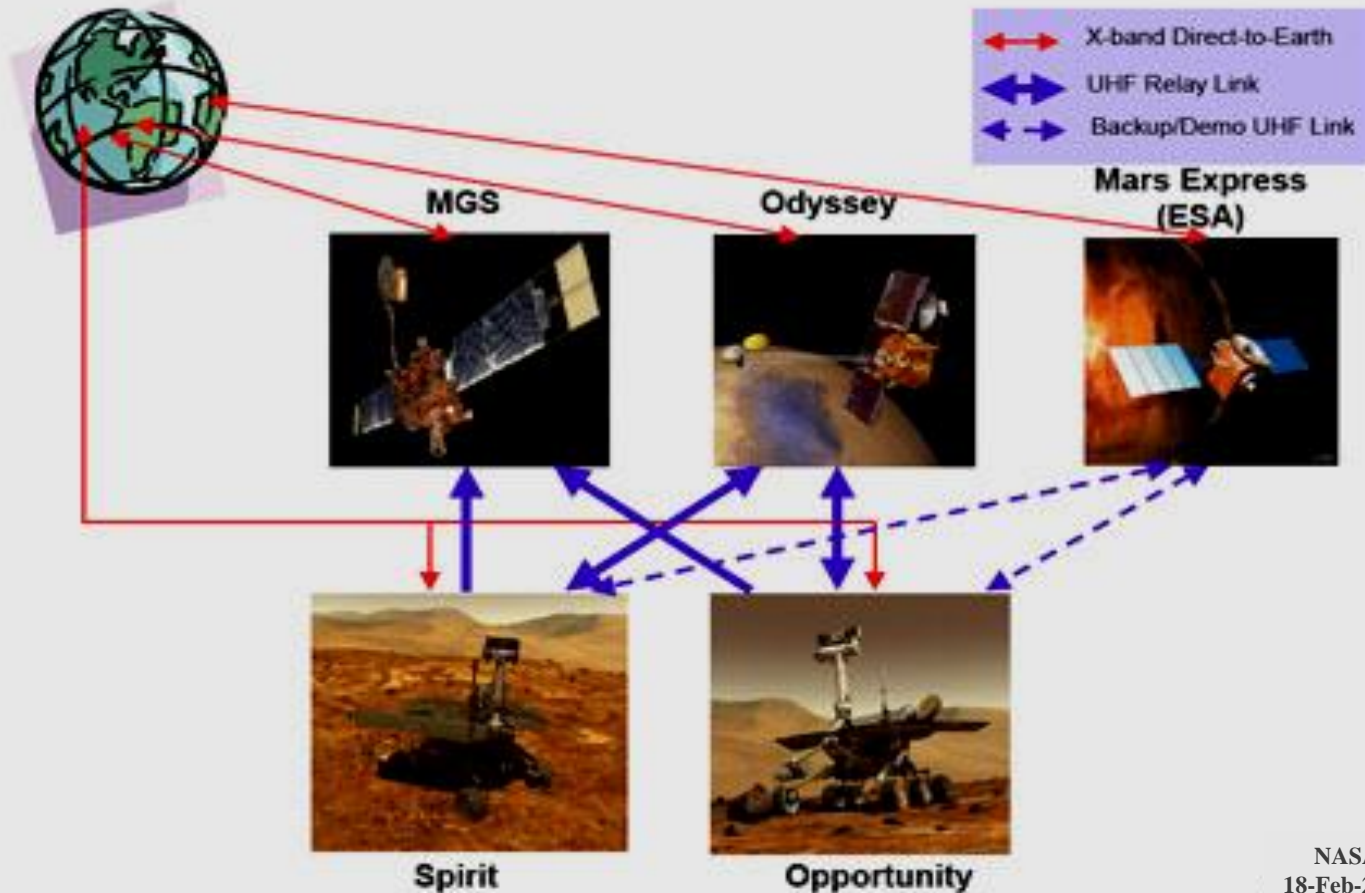
Observação astronômica

You are here

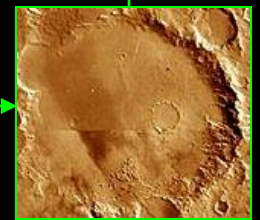
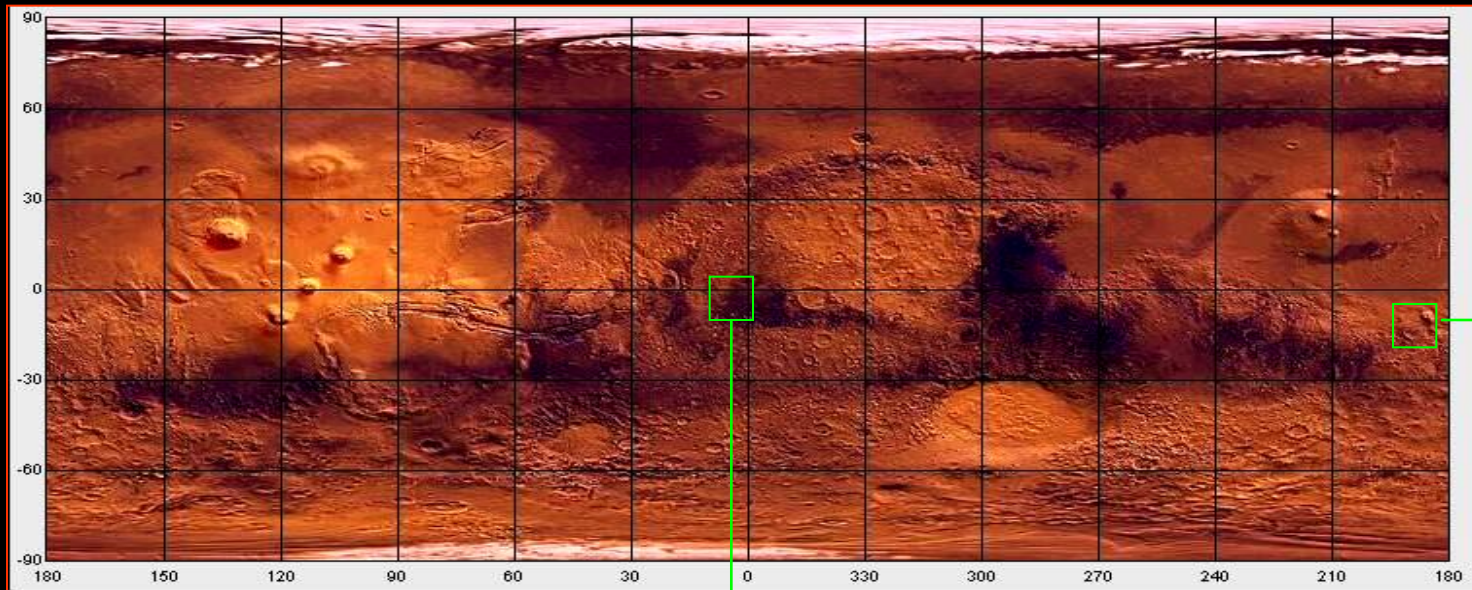


A Terra vista de Marte

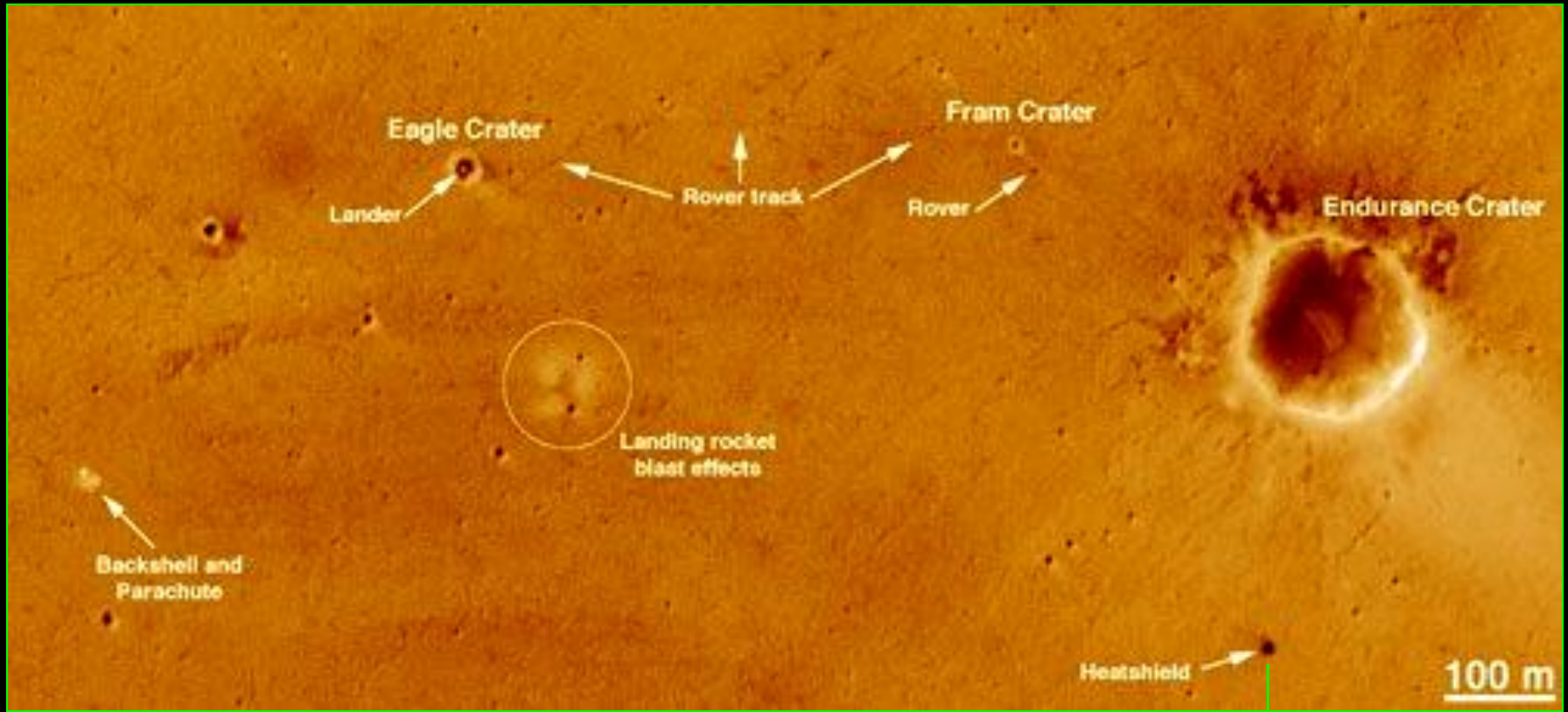
Arquitetura de telecomunicações



Marte: pouso e exploração



Marte: Opportunity vista do orbitador MGS

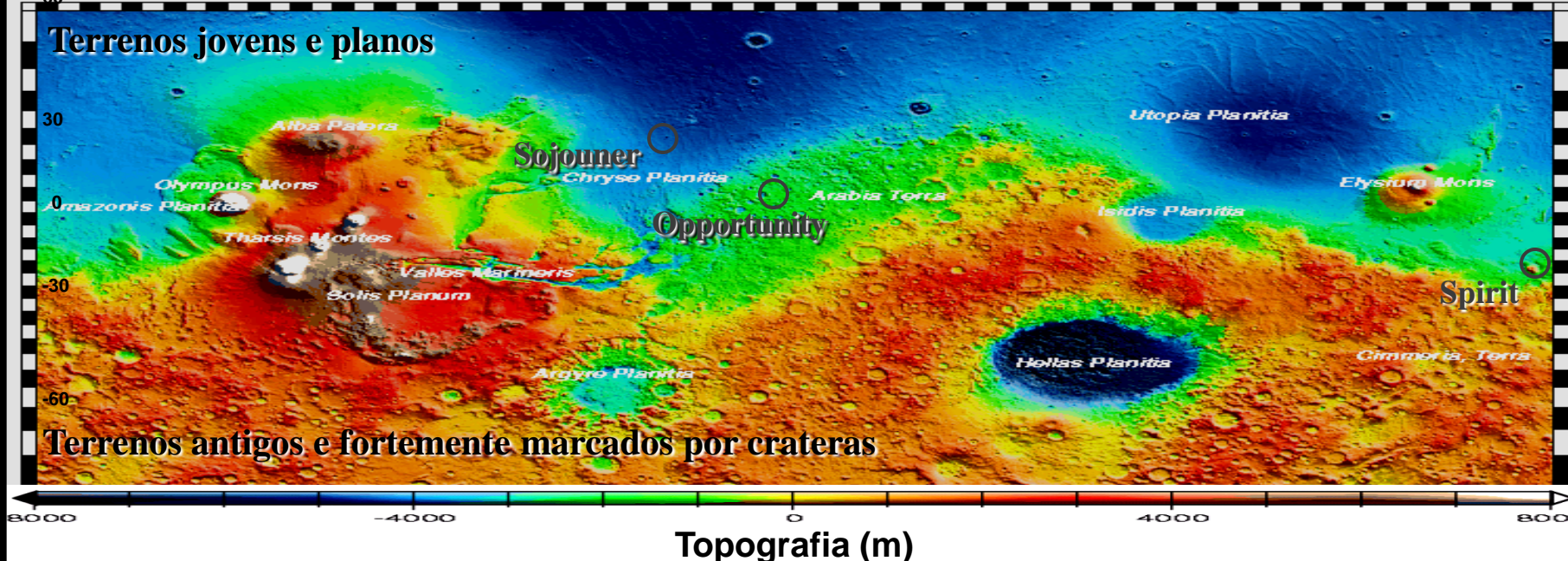
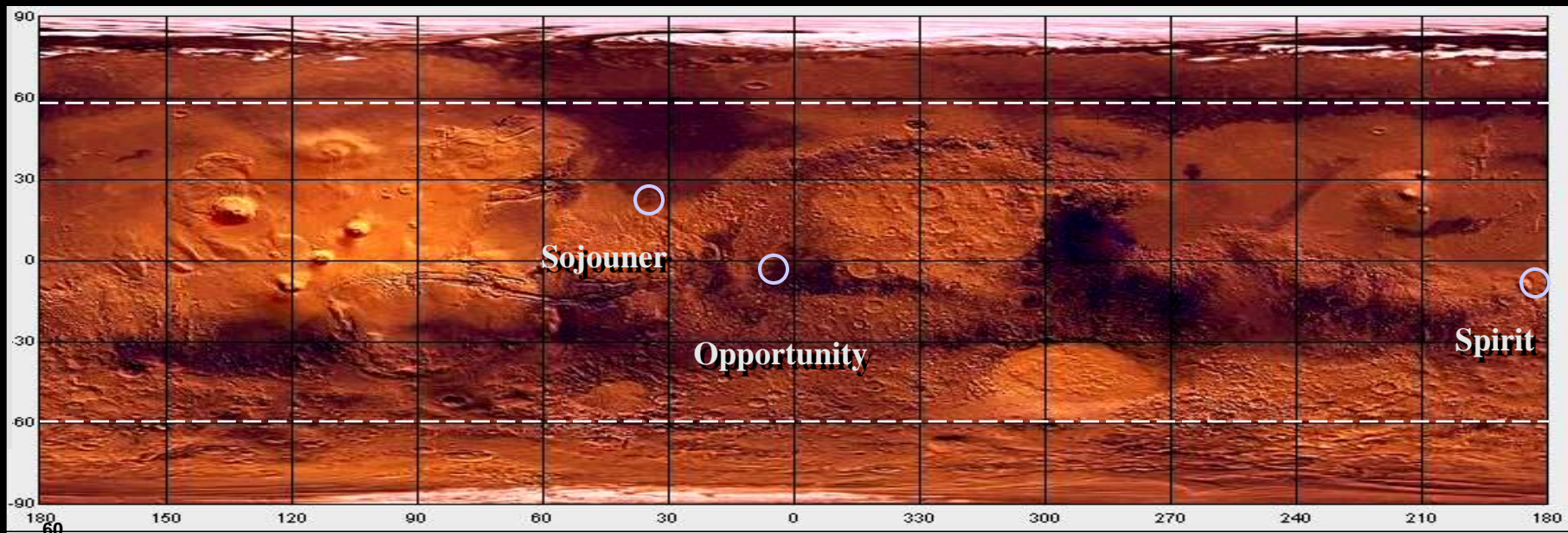


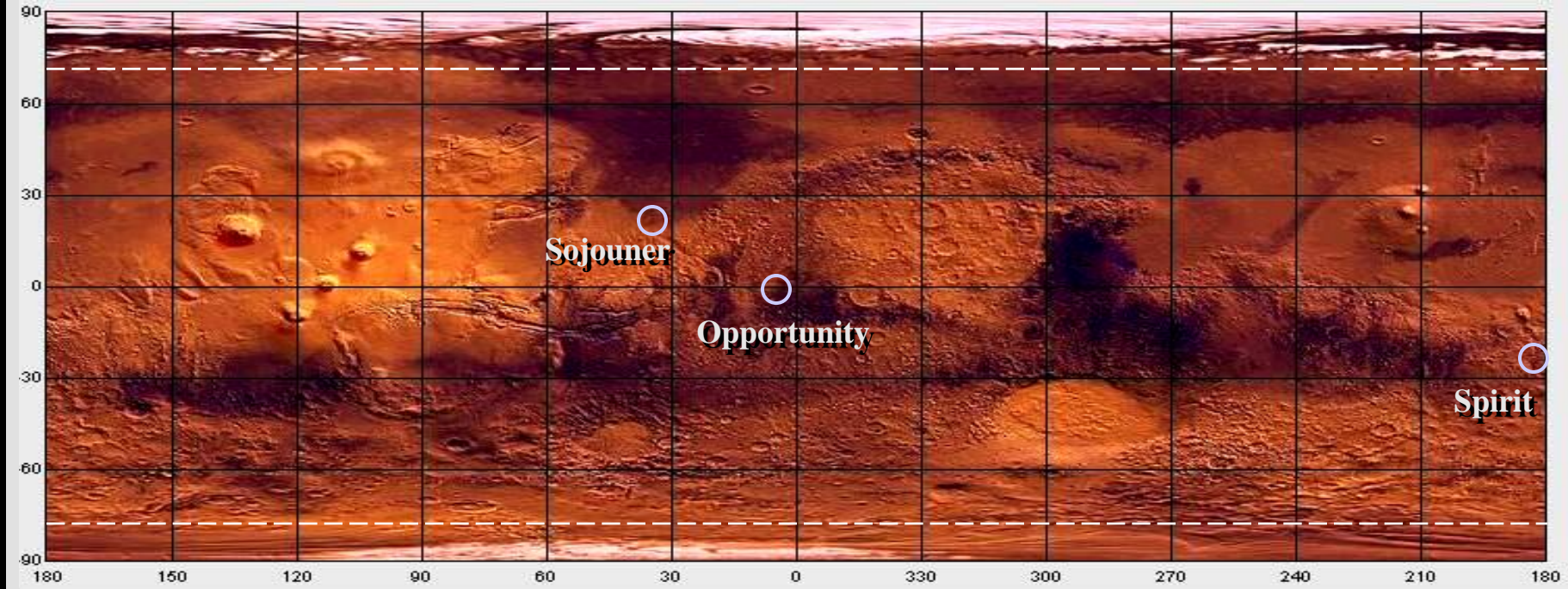
April 26, 2004
Sol 91

Image by
NASA's Mars Global
Surveyor

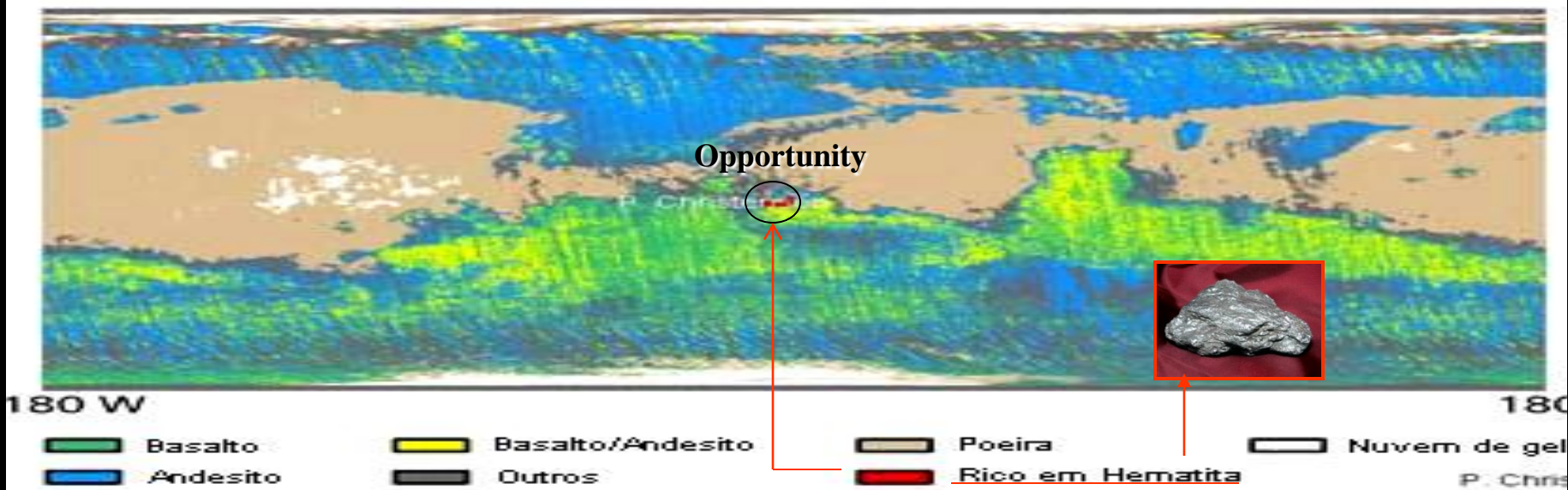


Marte: Opportunity vista do orbitador MGS



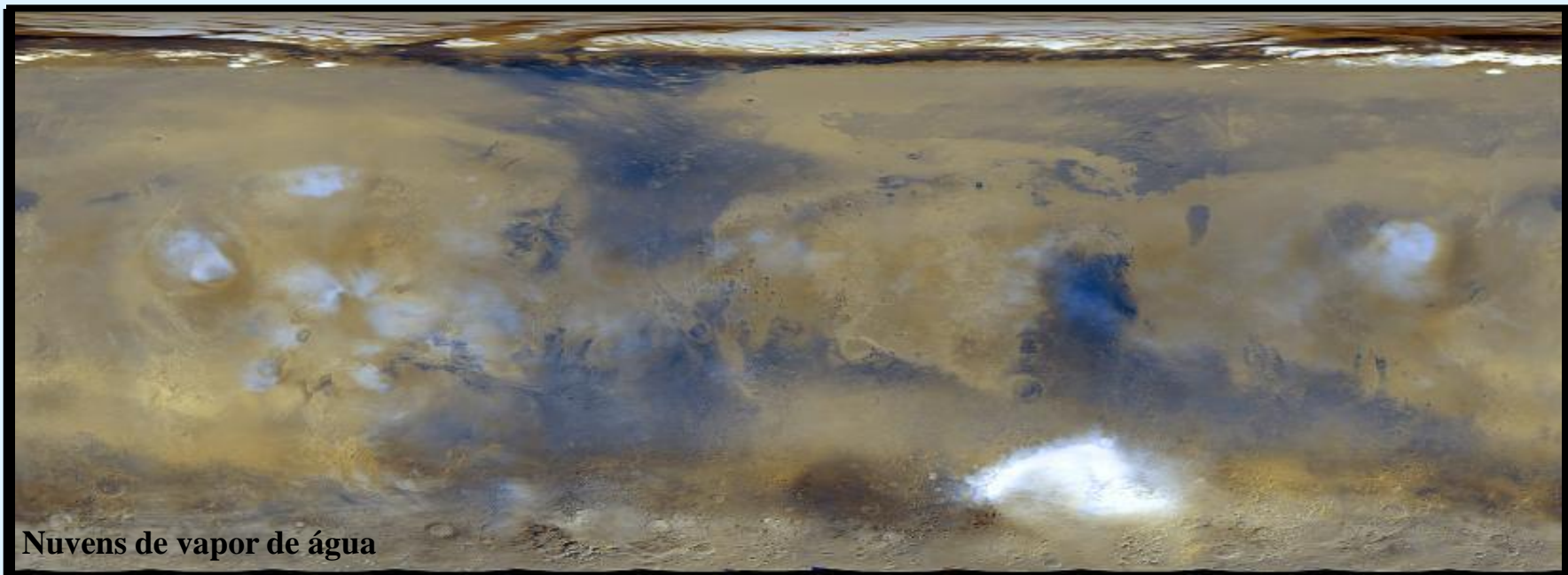


MAPA GEOLÓGICO DE MARTE

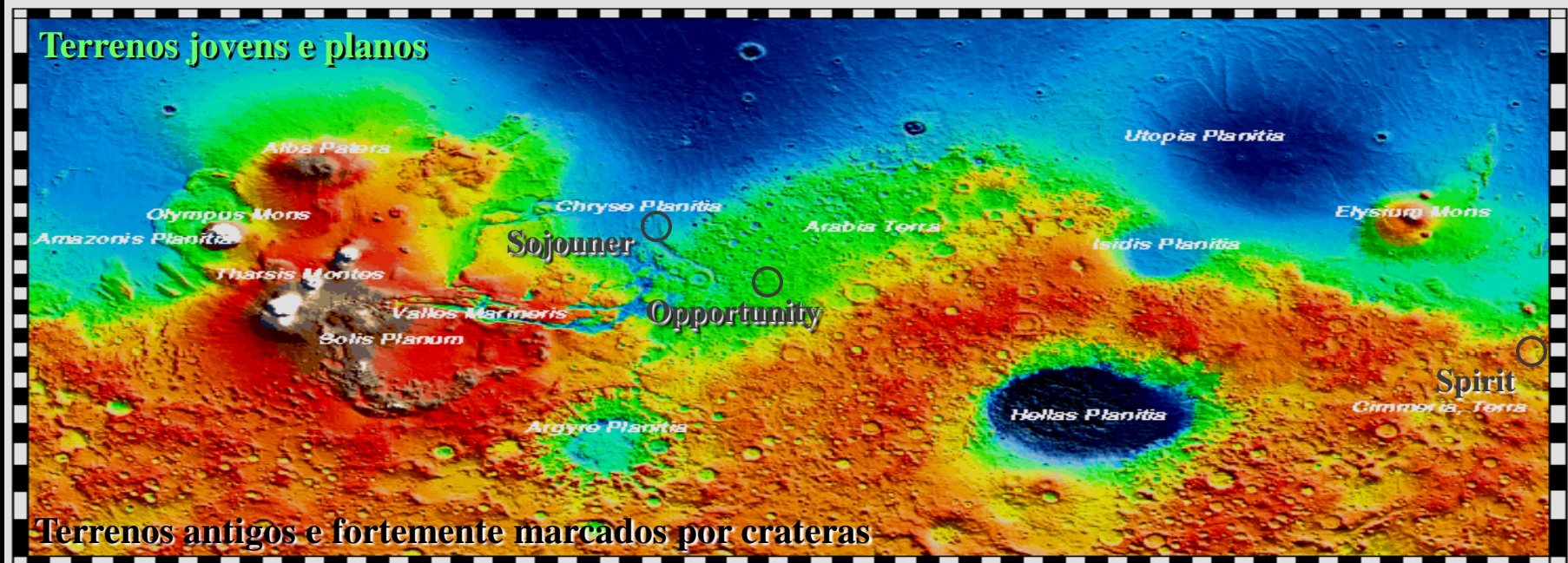


Hematita: tipo de óxido de ferro. Na forma de poeira tem cor avermelhada.

Hematita cinza: mineral geralmente associado à água. Na Terra, ela aparece muito em locais onde houve abundância de água; Yellowstone é um caso típico.



Nuvens de vapor de água



Terrenos jovens e planos

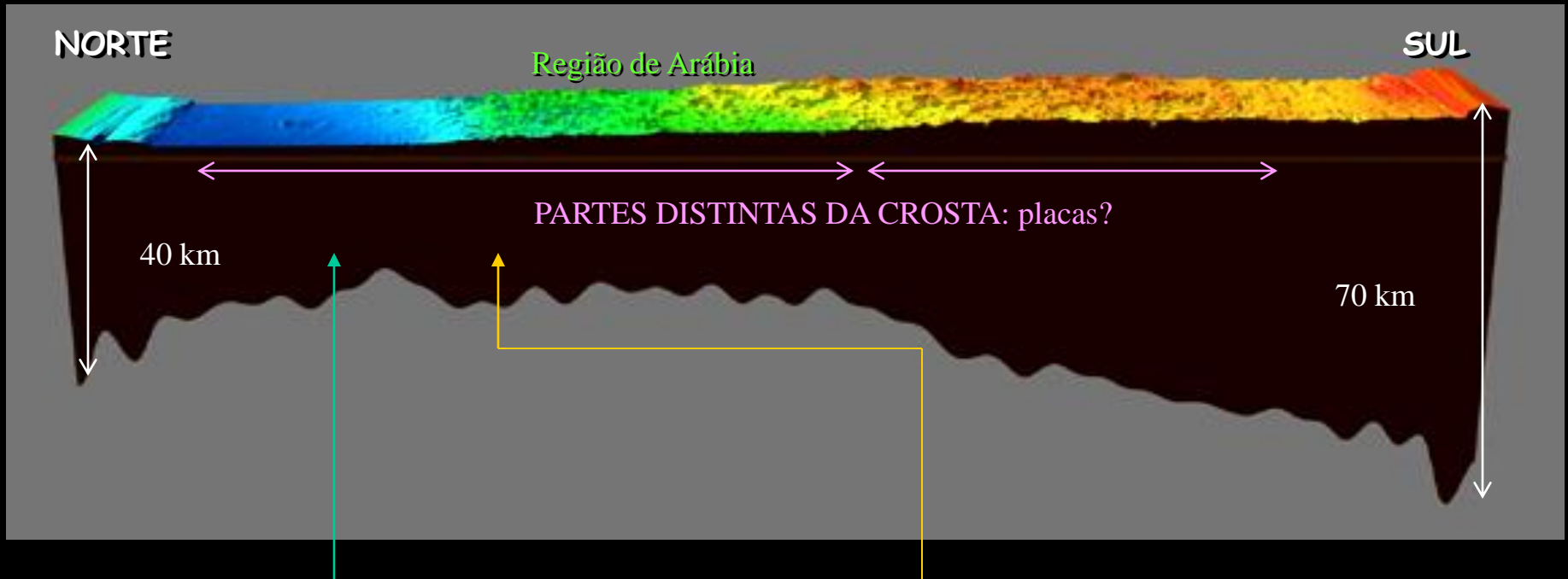
Terrenos antigos e fortemente marcados por crateras



Topografia (m)

Marte: estrutura interna

Modelo da crosta derivado de medidas de gravidade e topografia da Mars Global Surveyor.

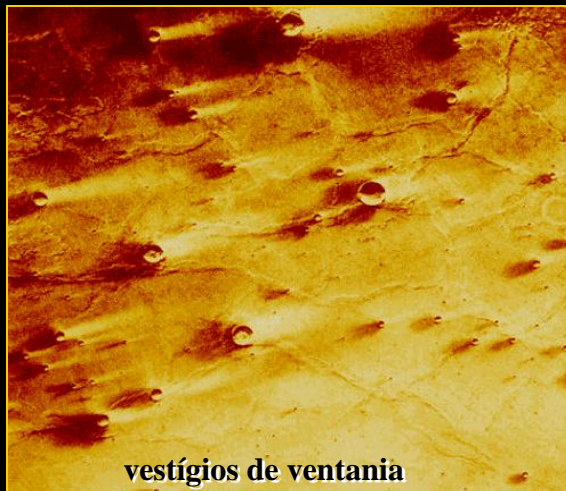


Dados de topologia e gravidade indicam que a região baixa nas terras do norte sejam zonas de fluxo de calor elevado ocorrido nos primórdios da história marciana, refletindo convecção vigorosa do interior. A perda rápida de calor pode ter provocado a liberação de gases aprisionados no interior do planeta para a atmosfera e gelo do subsolo ou água da superfície, aquecendo o ambiente e tornando o clima mais úmido que o atual.

O limite de dicotomia global ocorre nesta região.

Esta fronteira não se correlaciona com a estrutura da crosta. Isto indica que a manifestação geológica da fronteira é primariamente devida a processos superficiais, e não processos internos.

Marte: ventos



vestígios de ventania



cratera
Kaiser

Viking Orbiter image #VO-575B60

DUNAS semelhantes às terrestres e presentes em quase toda a superfície.

Apresentam mudanças com o tempo que podem indicar a direção dos ventos.

Dunas internas às crateras são conhecidas como dunas intracratera.

P2217: Sol 5 @ 10:31-10:46

P2218: Sol 3 @ 13:25-13:48 LST

Dia em Marte é chamado Sol



Spirit: poeira suspensa pelo vento



0000



Rastros de remoinho de vento

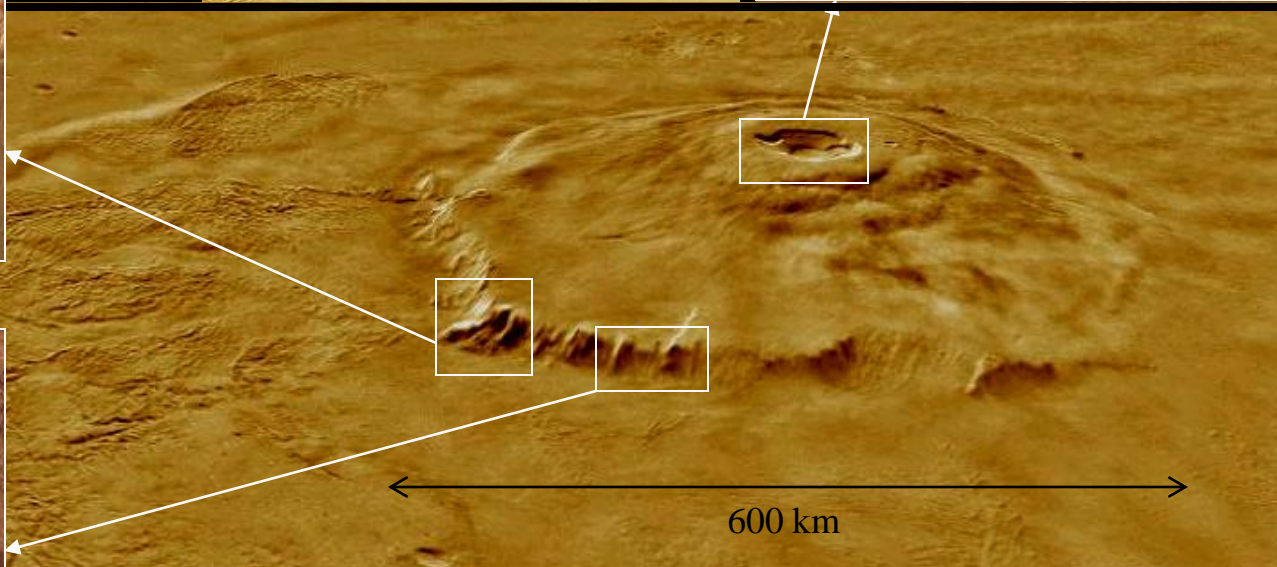
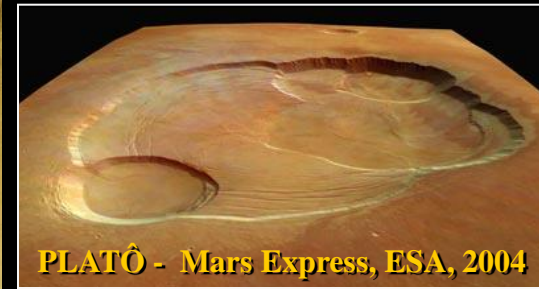
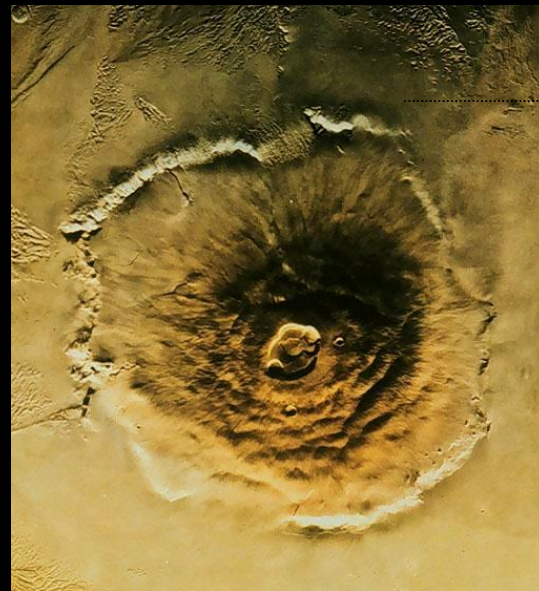
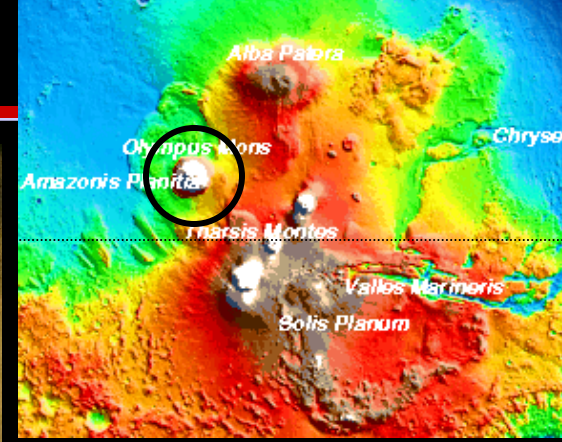
Marte: vulcões

MONTE OLIMPO

o maior vulcão (extinto) do Sistema Solar

- altura: 27 km

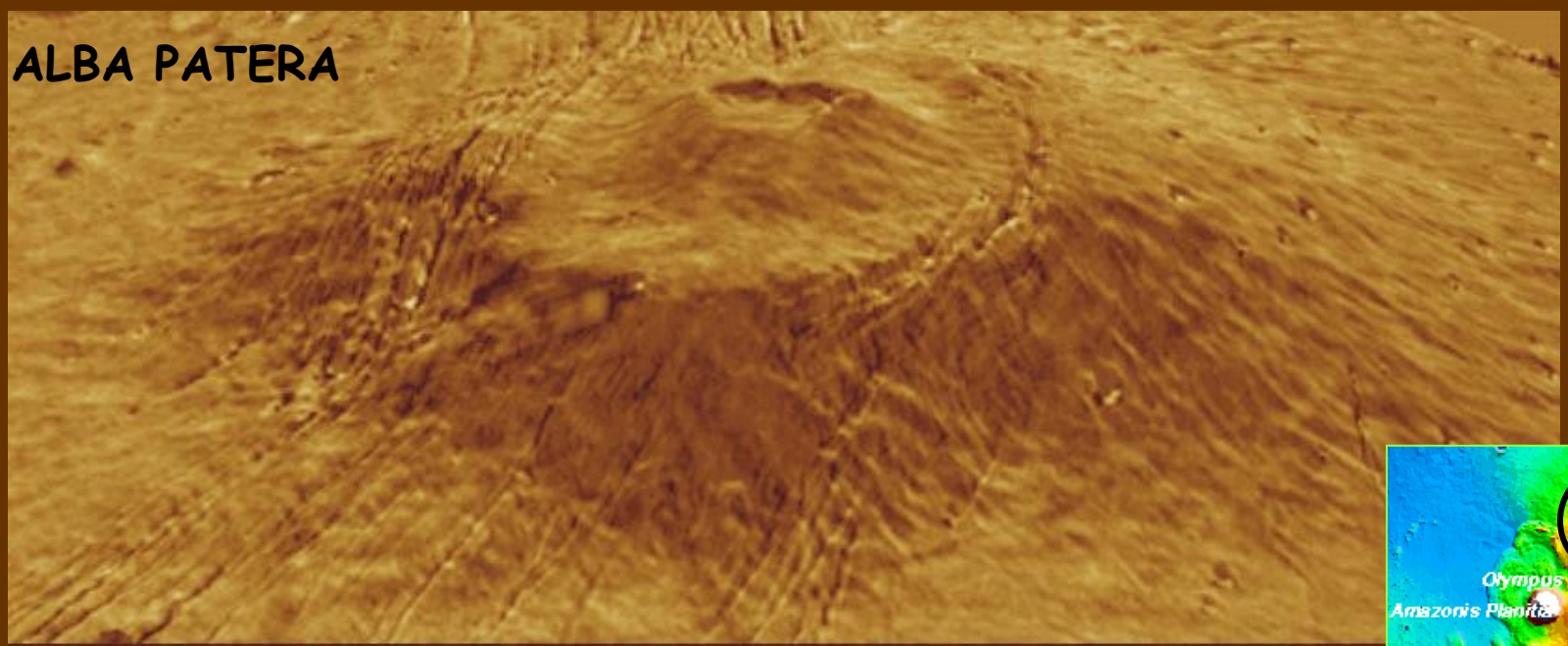
A história do vulcanismo marciano parece ser mais ativa que a de muitos planetas.



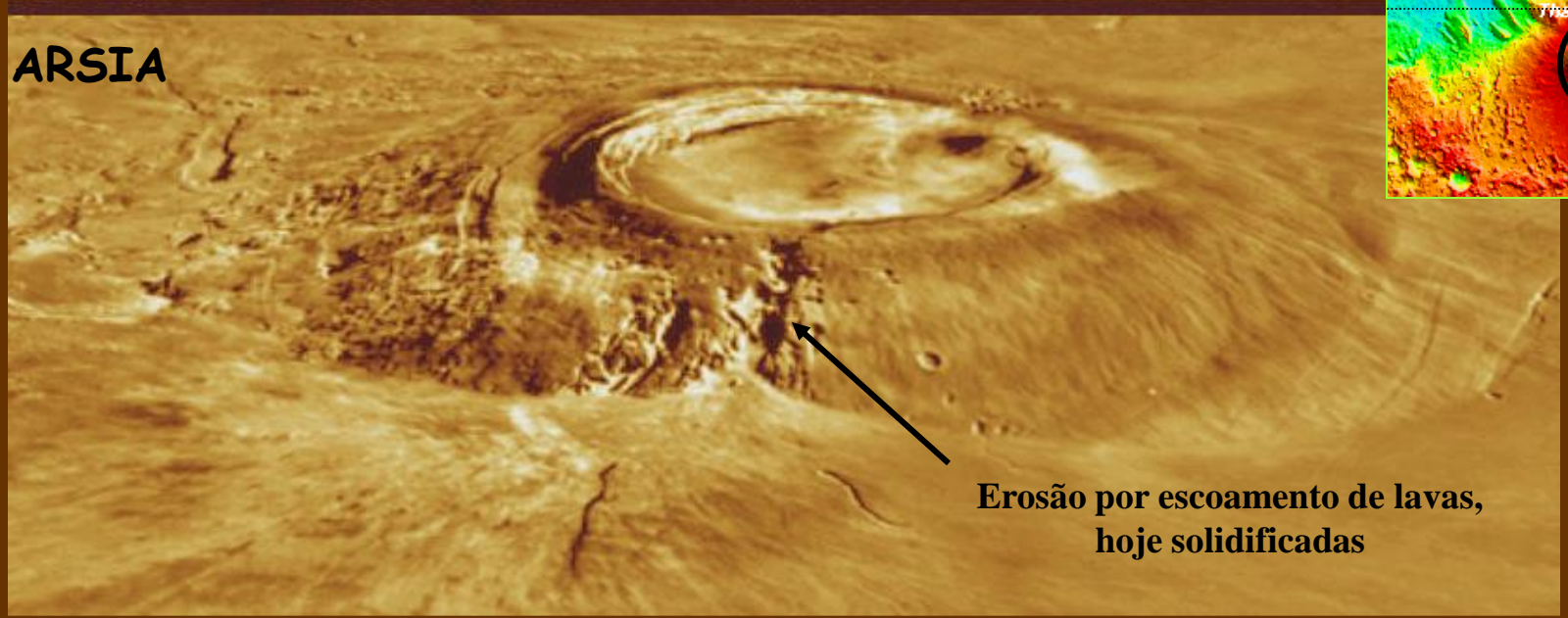
Fluxos de lavas de diferentes idades, mostram que as erupções ocorreram por longo período (centenas de milhões de anos).

Marte: vulcões

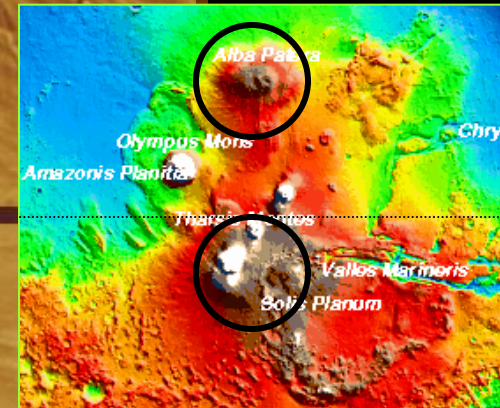
ALBA PATERA



ARSIA



Erosão por escoamento de lavas,
hoje solidificadas



Marte: vestígios de água

Já houve clima favorável à existência de água líquida na superfície.

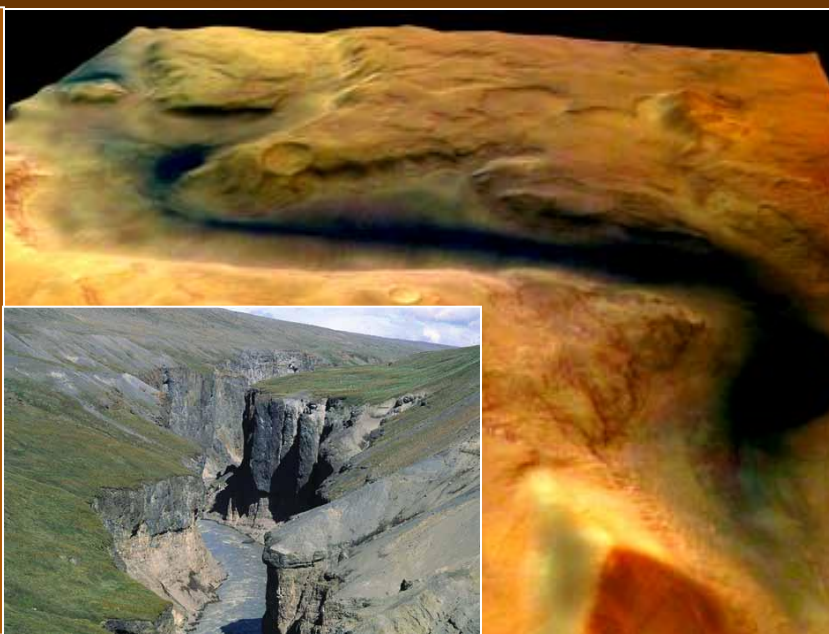
Na forma líquida, a água contida na atmosfera atual cobriria a superfície com uma camada de apenas 6 microns!



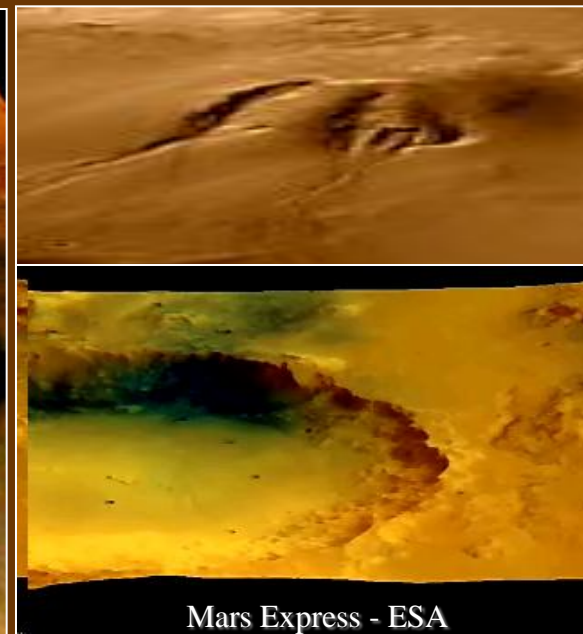
Erosão Fluvial

Vale Reull
(41° S, 101° L),
visto de 273 km
acima do solo.
Canal formado
no passado por
água corrente

15/01/2004 - Mars
Express ESA/DLR/FU
Berlin (G. Neukum)



Evidência de escoamento



Marte: água no subsolo?

Permafrost: solo permanentemente congelado. Na Terra ele aparece nas regiões árticas e proximidades.

Um impacto de grandes proporções pode liquefazer o permafrost e provocar erosão fluvial também de grandes proporções.

Processo semelhante ocorreu na Islândia, por ação vulcânica.

HISTÓRIA DA ÁGUA EM MARTE ?

(HÁ BILHÕES DE ANOS)



4,0



3,8



3,5



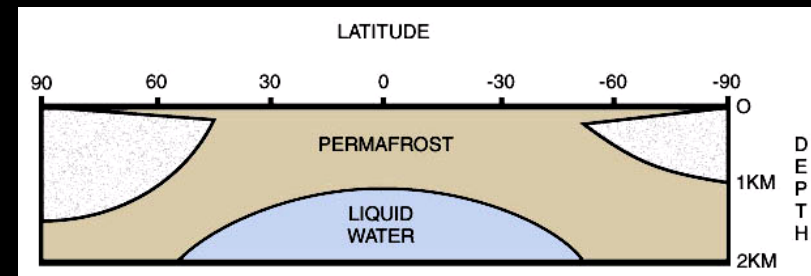
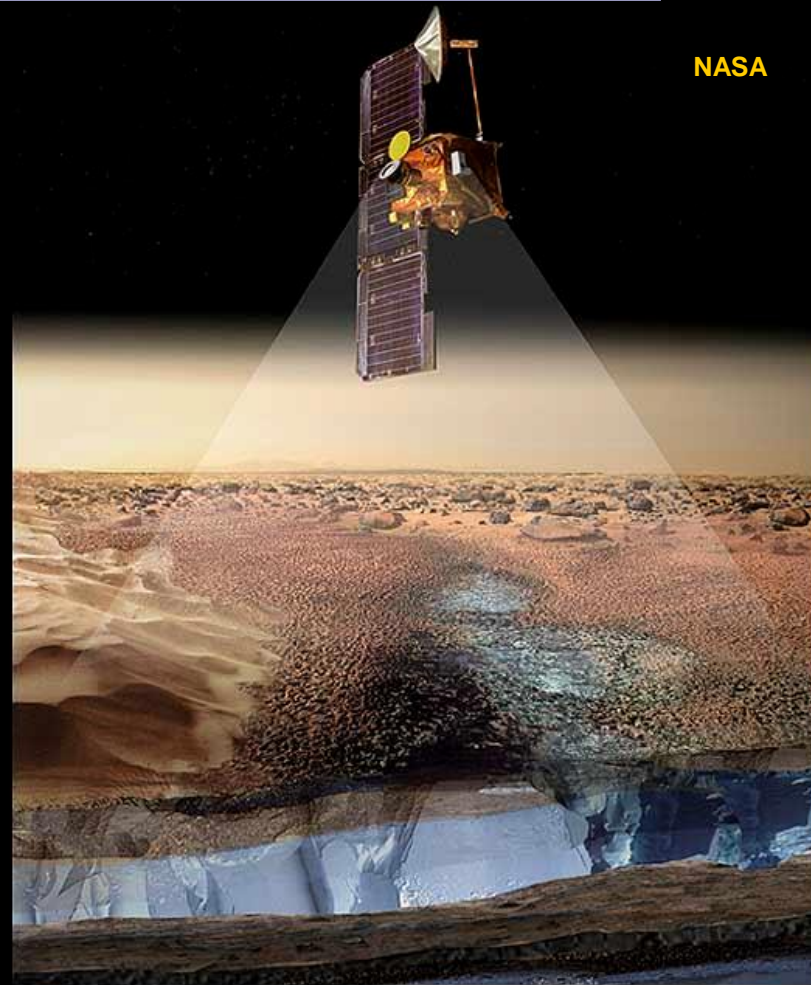
2,0



1,0



AGORA

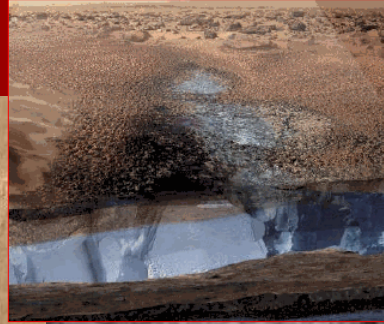


Marte: evidência de água no subsolo?

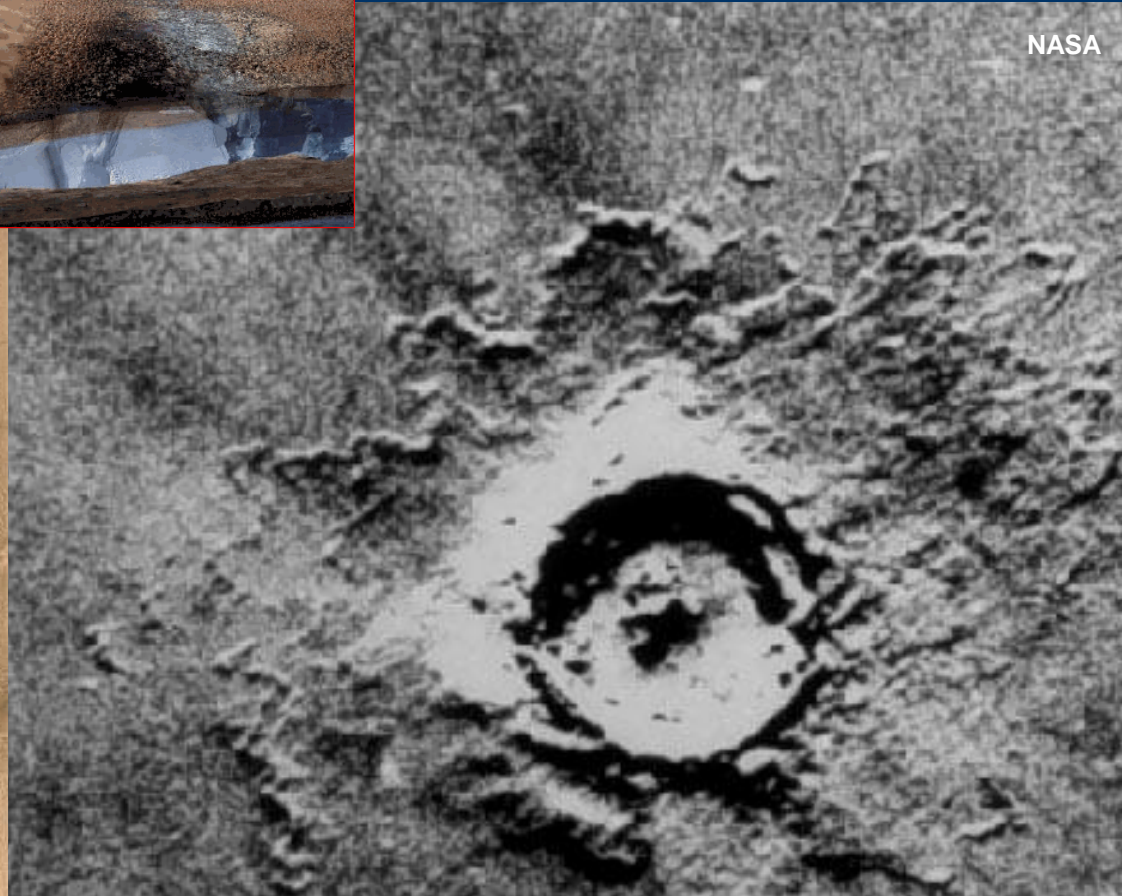
Newton Basin on Mars. Malin Space Science Systems, MGS, JPL, NASA



Água brota do sub-solo, escorre para a base e vaporiza?

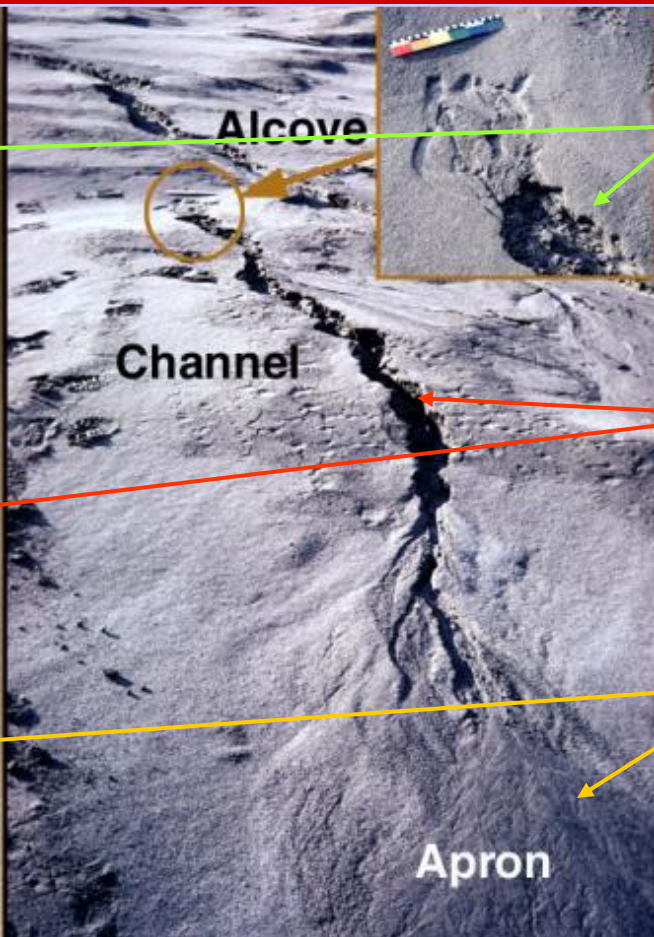
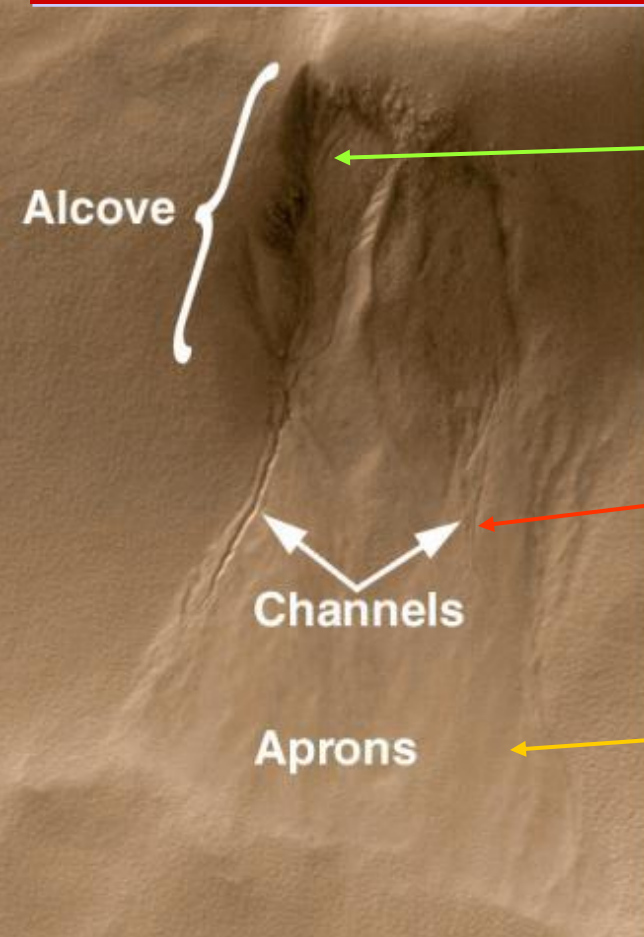


Cratera jovem



Derretido pelo calor do impacto e arremessado como lama, o material do solo resfria e adquire forma típica.

Marte: evidência de água no subsolo?



A alcóva forma-se acima do local do escoamento enquanto a água emerge e mina o material do qual está escoando.

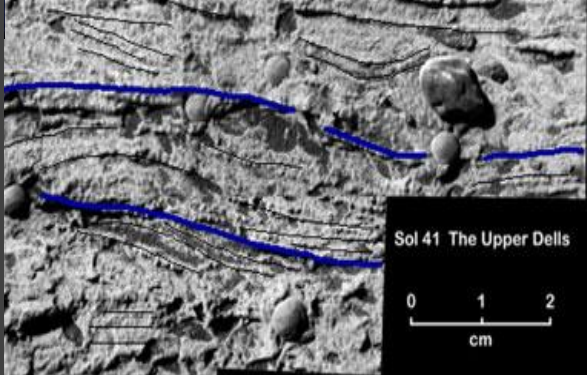
Canal formado pela ação do fluxo de água e detritos

Depósitos de gelo e detritos provindos das regiões mais elevadas do canal

Sedimentos formados em água corrente?

Água em Marte
⇒ mais seco e frio
⇒ líquida não pode existir por muito tempo
⇒ não é vista, mas inferida de figuras e similaridades com a Terra

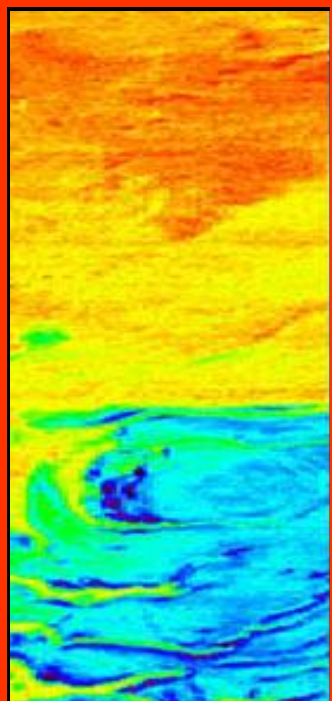
Água na Terra:
⇒ é o agente principal de intemperismo e erosão
⇒ de chuva flui, infiltra e cria vala



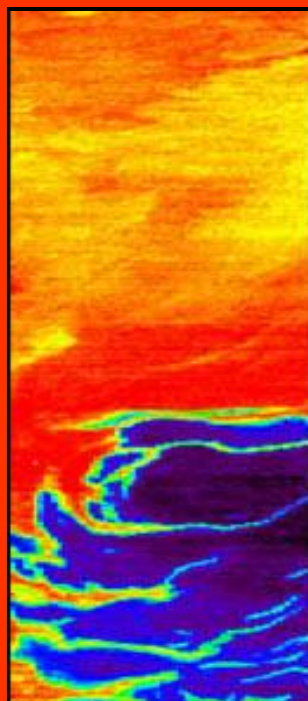
Marte: região polar

Capa Polar Sul

Mars Express (ESA)



Luz integral visível



dióxido de carbono
CO₂



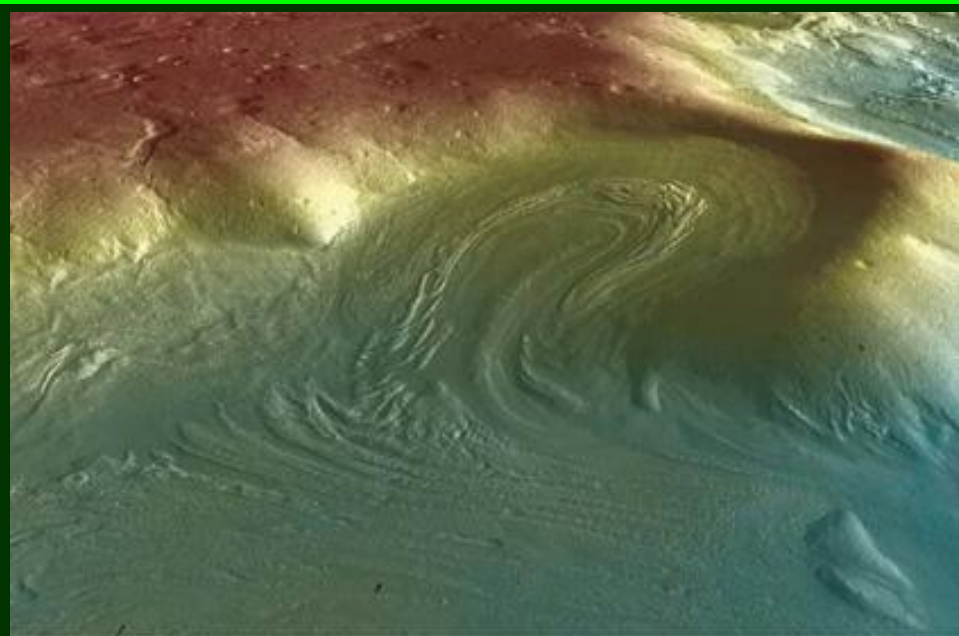
gelo de água
H₂O



O fundo da cratera localizada na região Vastitas Borealis (70.5° N, 103° L), de 35 km de diâmetro e 2 km de profundidade está parcialmente coberta de gelo.

Marte: glaciares subterrâneos

Dados de radar da sonda Mars Reconnaissance Orbiter sugerem a existências de glaciares (água congelada) abaixo da superfície, em baixas latitudes. A quantidade estimada é maior que a encontrada nas regiões polares. Os escombros rochosos atuaram como camada isolante permitindo a preservação do gelo que, provavelmente, cobria essas regiões de latitude média durante um período glacial. Esta descoberta é semelhante à encontrada na Antártida, onde glaciares foram detectados sob o manto rochoso.



Concepção artística de um glaciar. Ecos de radar indicam que ondas de rádio passam através de aventais de detritos (*aprons*) e são refletidas de uma superfície mais profunda, sem perda significativa de potência. Isso é esperado se as áreas do avental sejam compostas de gelo espesso sob uma cobertura relativamente fina. A velocidade aparente das ondas de rádio que passam através do avental é consistente com uma composição do gelo de água. (NASA)

As sondas Viking (década de 1970) evidenciaram regiões de inclinação suave nas bases de elevações geográficas, contendo depósito de rochas. Elas foram denominadas “aprons”. Uma explicação possível é que as “aprons” sejam fluxos de escombros rochosos lubrificados por pequena quantidade de gelo. Segundo os dados da MRO, essas regiões evidenciam a presença de grandes quantidades de água congelada nessas latitudes. Geleiras enterradas encontram-se na região da bacia de Hélade (Hellas), no hemisfério sul. Observações de radar sugerem figuras semelhantes próximas a penhascos do hemisfério norte.

O fato destas características estarem nas mesmas faixas da latitude, aproximadamente 35 a 60 graus em ambos os hemisférios, sugerem um mecanismo dominado pelo clima para explicar como as geleiras estão lá.

Marte: glaciares subterrâneos



Terras e paredões de Mojave, uma das gigantescas crateras de Marte com cerca de 60 km de diâmetro. Acredita-se que ela seja recente (tem cerca de 10 milhões de anos) e menos afetada pela erosão e outros processos geológicos. O princípio do clima em Marte poderia ter sido fortemente influenciado pelo intenso bombardeio de corpos cadentes há 3,9 bilhões de anos. *Foto: Nasa/Divulgação*

Fluxos de lama na Terra



Mistura de solo e gelo tem resistência de rocha quando submetida a baixas temperaturas.

Se aquecida, vira lama e flui para as partes baixas, arrastando tudo que encontra pelo caminho.



Superfícies congeladas: semelhanças com a Terra

Terra



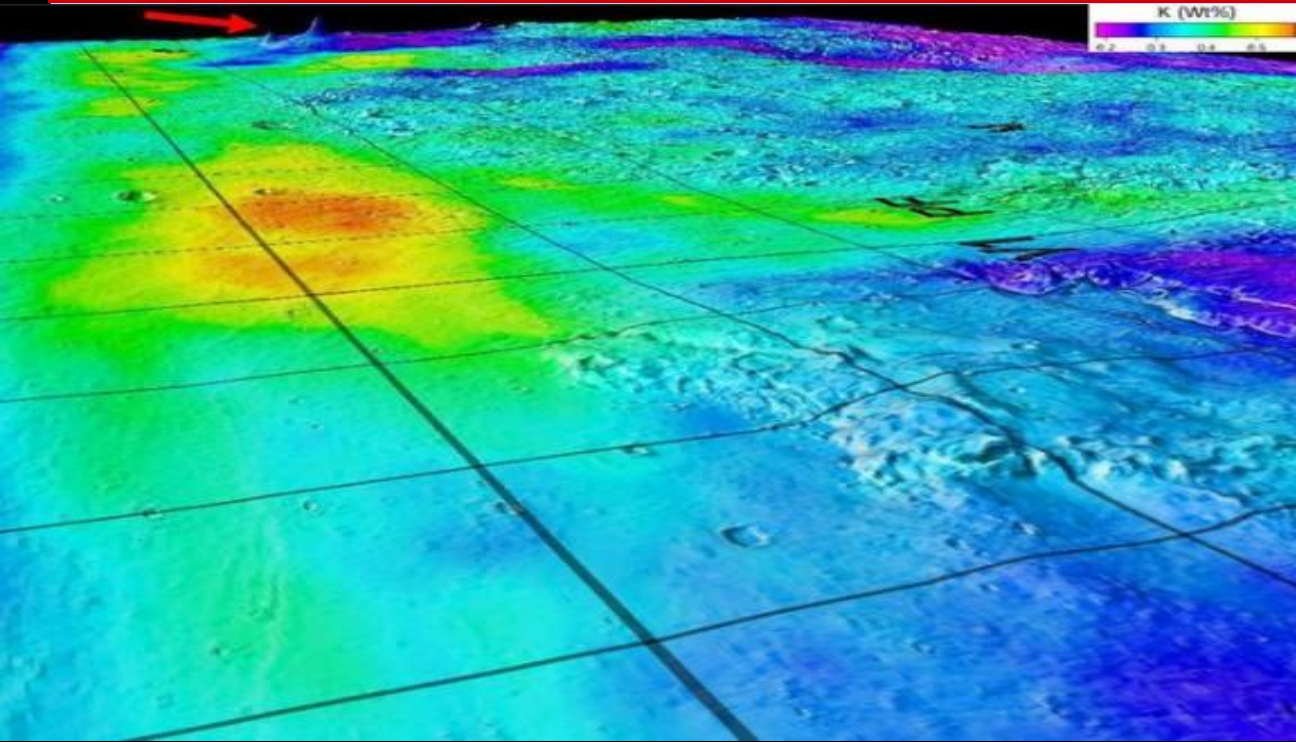
Islândia

Marte



Cratera Gusev
(SPIRIT)

Evidências de vastos oceanos



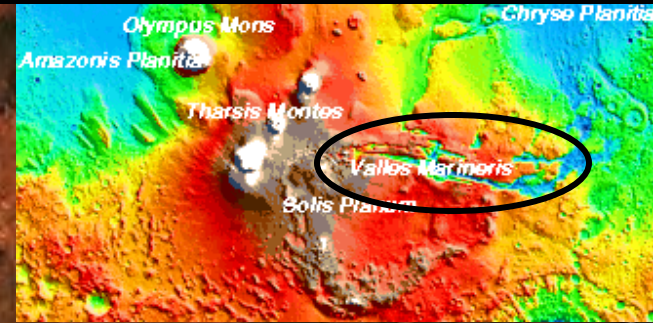
Dados da sonda Mars Odyssey (espectrômetro de raios gama) fornecem novas evidências sobre a controvérsia se Marte já teve 1/3 de sua superfície coberta por oceano. Imagens e mapas topográficos apontam para a existência de dois oceanos distintos em uma única área, talvez em épocas diferentes: um maior e mais antigo, e outro menor e mais jovem.

O espectrômetro tem habilidade para detectar elementos enterrados até 30 cm abaixo da superfície, através de raios gama por eles emitidos. A dúvida é se estaríamos vendo uma concentração maior desses elementos dentro das linhas costeiras antigas porque a água e a rocha que contêm os elementos se moveram das montanhas para as planícies? A comparação dos dados do espectrômetro de raio de gama para o potássio, o tório e o ferro, acima e abaixo de uma linha costeira que, acredita-se, marque um oceano antigo que cobriu 1/3 da superfície marciana, e uma linha costeira interna que, talvez, marque um oceano mais novo e menor, sugerem que esses elementos foram lixiviados de elementos solúveis, transportados e concentrados nessas regiões. A linha costeira mais nova evidencia um oceano aproximadamente 10 vezes o tamanho do mar Mediterrâneo, que teria existido há alguns bilhões de anos. A linha costeira maior e mais antiga, que cobriu um terço de Marte, delinea um oceano de, aproximadamente, 20 vezes o tamanho do Mediterrâneo.

Lagos e mares podem ter sido formados a partir de fluxos gigantes de escombros e sedimentos liquefeitos.

Marte: vales

Image processed by U.S. Geological Survey

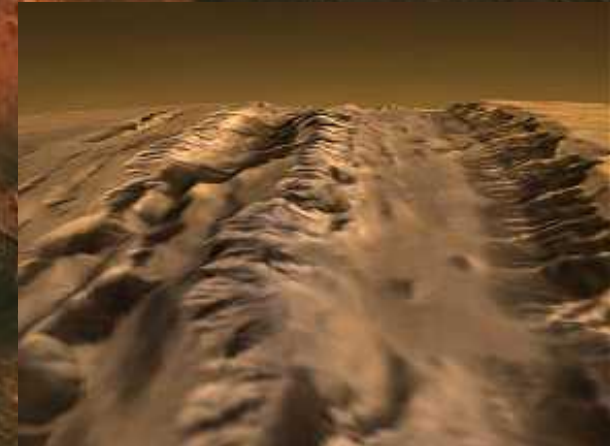
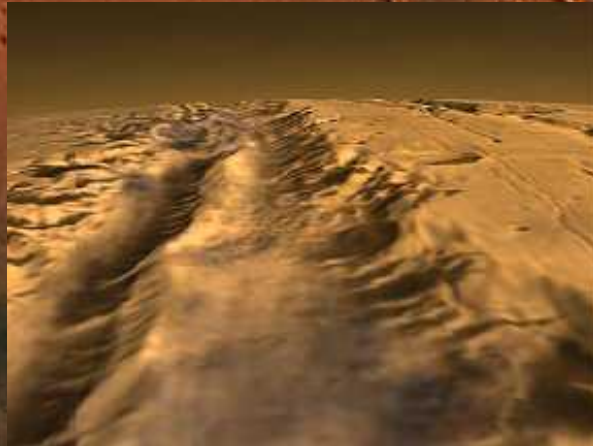


VALES “MARINERIS”

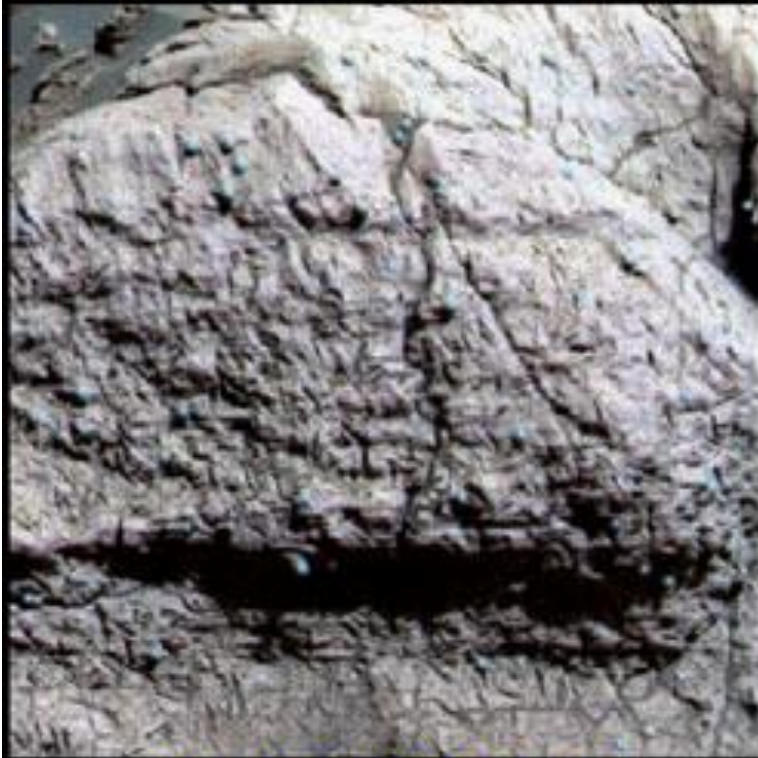
Nome dado em homenagem à sonda *Mariner 9*

Os “canyons” estendem-se por cerca de 1/5 da circunferência de Marte.

Eles surgiram das falhas da crosta logo no início da história marciana, e foram moldados por longo período de erosão eólica.



Marte: a hematita

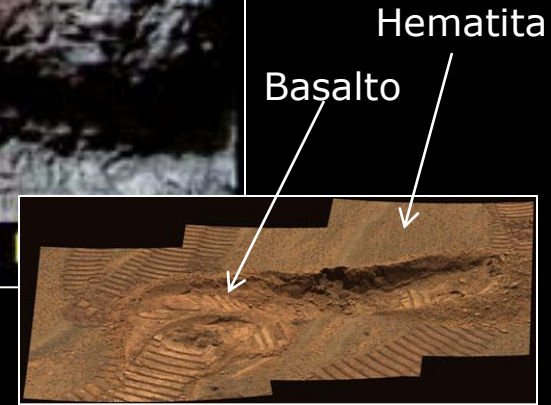


Sol 27B Pre-RAT, Hole 2



Sol 35B Post-RAT, Hole 2

Opportunity, rocha "Guadalupe"



Cor e espectro da poeira sugerem cristais finos de hematita vermelha

- Hematita (Fe_2O_3): principal mineral-minério de ferro, de cor cinza ou preta, forte brilho metálico e traço vermelho, usado tb. como gema, abrasivo e pigmento
- Impurezas comuns: Ti, Al, Mn, H_2O

Resumindo

Os indícios sugerem um Marte de outrora bem diferente do atual:

- ▶ houve vulcanismo intenso,
- ▶ atmosfera era bem mais espessa,
- ▶ temperatura foi mais elevada,
- ▶ havia água líquida e
- ▶ vida?

GEOLOGIA

⇒ Uma incógnita.

⇒ Como os fenômenos mais importantes (vento, água, vulcanismo, tectonismo, colisões...) moldaram a superfície?

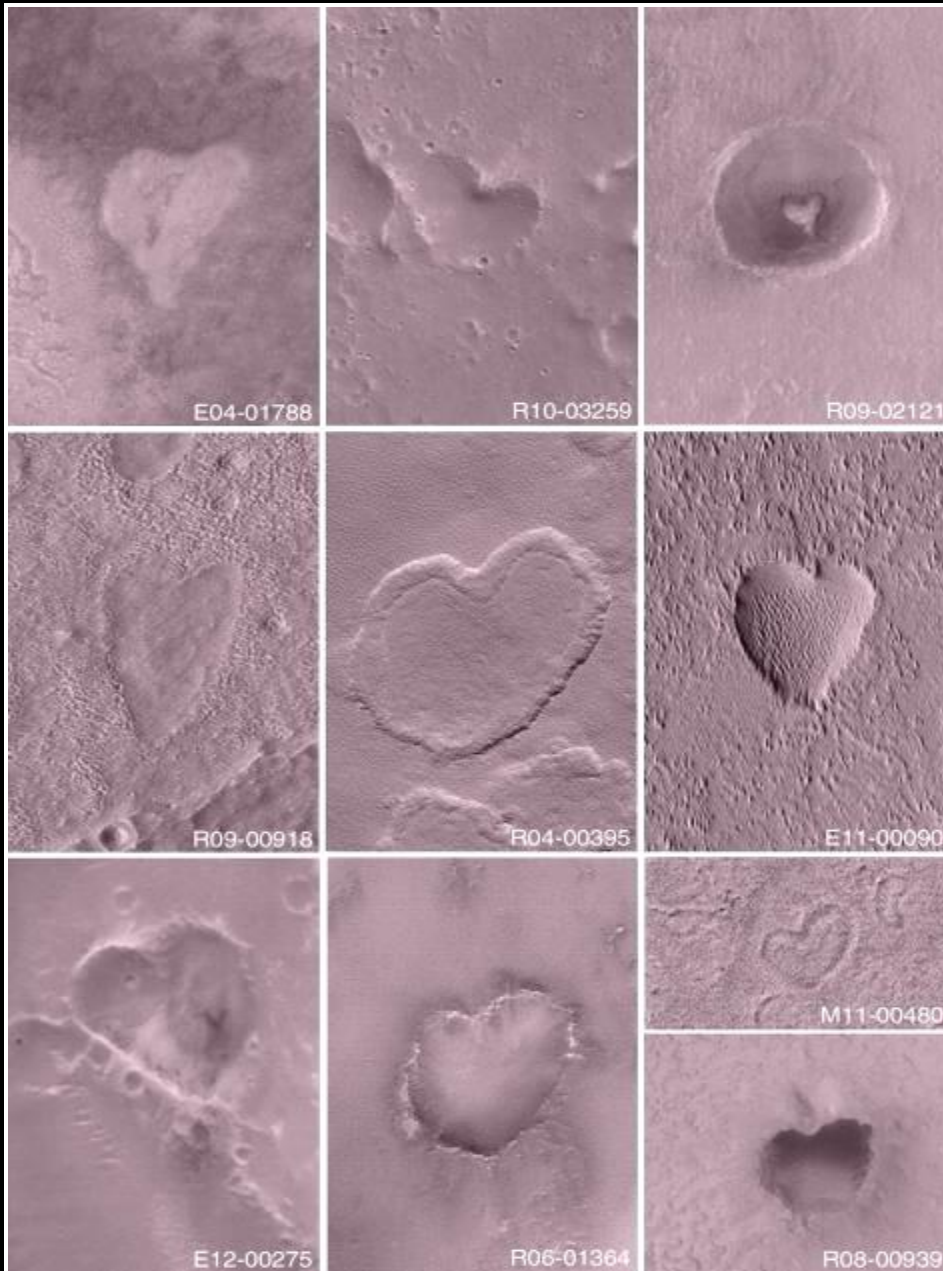
⇒ Que processo predominante formou rochas em camadas?

⇒ As proporções gigantescas do Monte Olimpo são evidências de que, ao contrário da terrestre, a crosta de marciana não se moveu?

CLIMA

- ↑ Que fenômenos fizeram o clima variar tanto?
- ↑ Como era a atmosfera? O que aconteceu?
- ↑ A Terra poderá sofrer processo semelhante? Como?
É possível evitar?
- ↑ Qual era a composição química local da Nebulosa Primitiva?

Estas crateras existem



E04-01788: low mesa located near 46.7°N , 29.0°W , and is about 636 m wide.

R10-03259: depression located near 22.7°N , 56.6°W , and is about 378 m wide.

R09-02121: small mesa on a crater floor located near 37.2°S , 324.7°W , and is about 120 m wide.

R09-00918: depression located near 35.8°N , 220.5°W , and is about 525 m wide.

R04-00395: depression in which occurs a low mesa located near 57.5°N , 135.0°W , and is about 1 km wide.

E11-00090: depression located near 0.2°N , 119.3°W , and is about 485 m wide.

E12-00275: depression located near 32.7°S , 139.3°W , and is about 512 m wide.

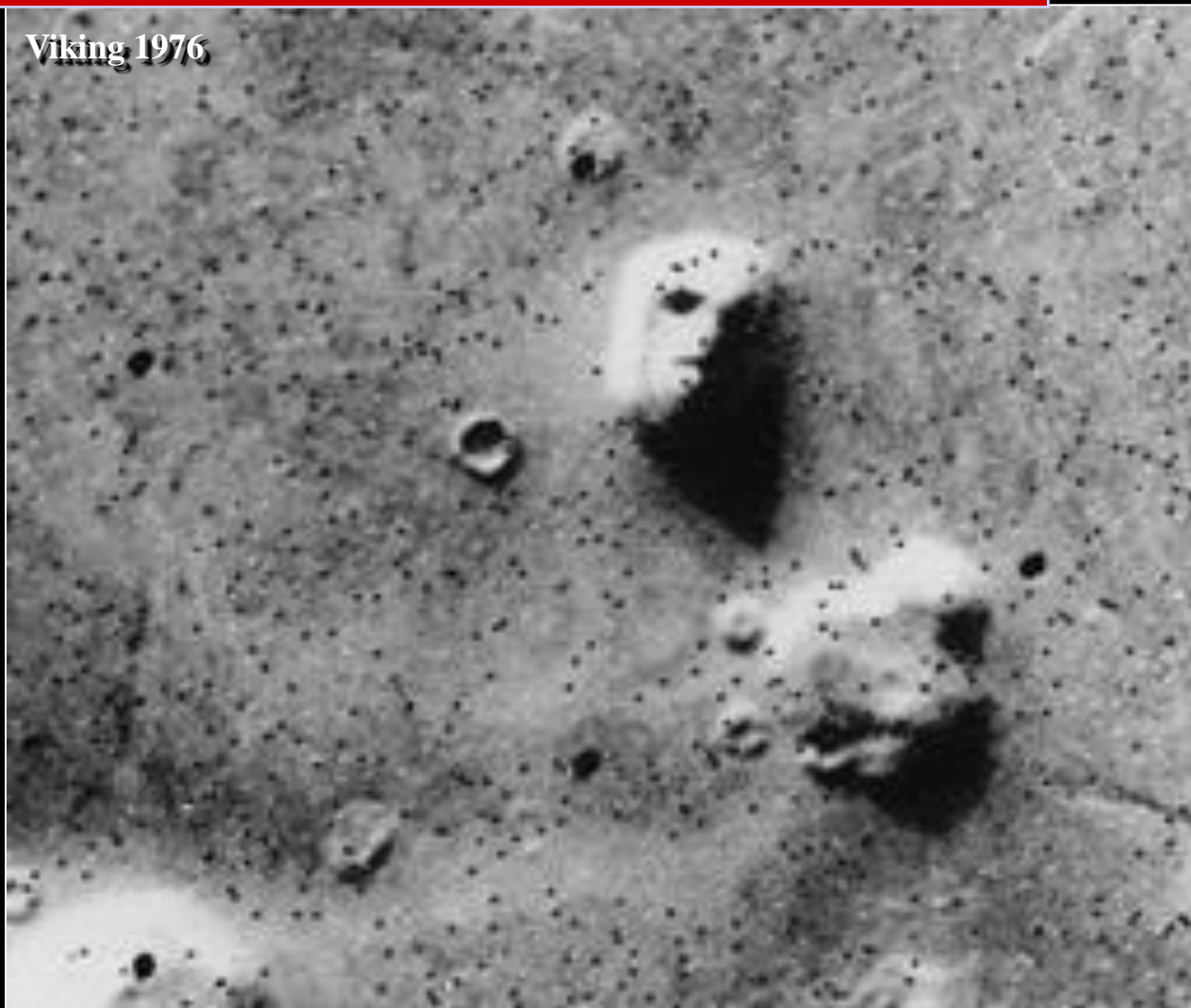
R06-01364: depression located near 8.4°S , 345.7°W , and is about 502 m wide.

M11-00480: depression located near 1.9°N , 186.8°W , and is about 153 m wide.

R08-00939: depression located near 12.1°S , 173.5°W , and is about 384 m wide.

A famosa face

A famosa “face”
registrada pela
imagem da sonda
norte-americana
Viking, em 1976,
é ilusão, decorrente
de iluminação e
perspectiva.



A famosa face

Viking 1976

Mars Global Surveyor 2001

Bahhh!

Vista com maior resolução e melhor qualidade pela sonda MGS, a imagem da "face" desaparece.