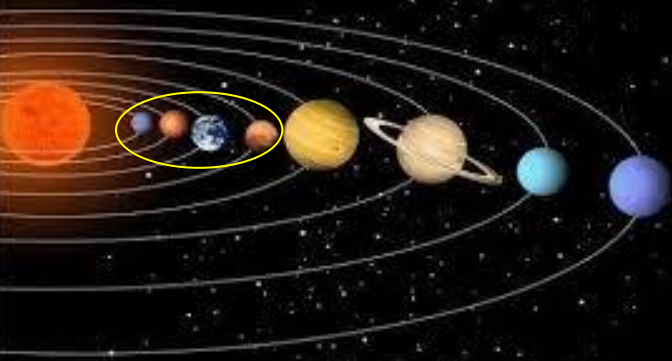


# OS PLANETAS ROCHOSOS

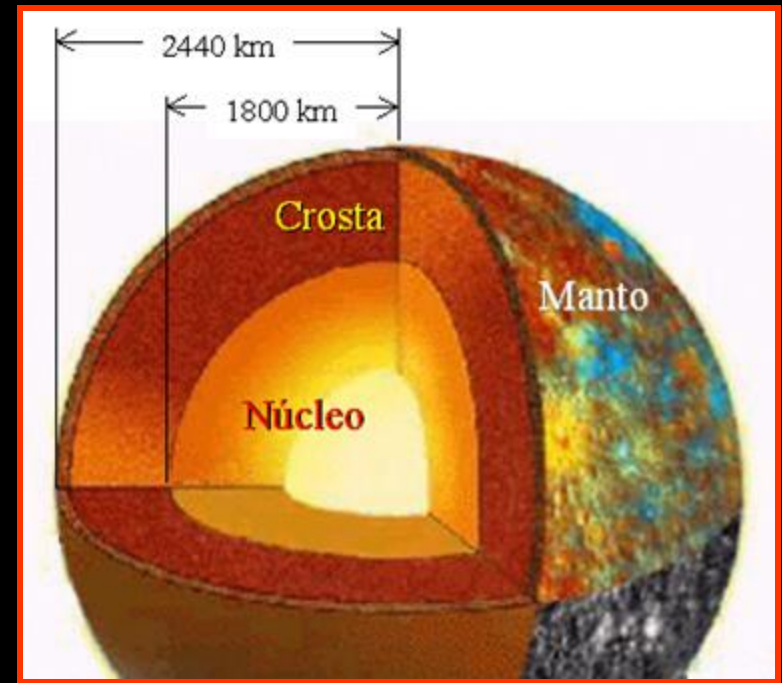
solarsystem.nasa.gov



*Disciplina (MPA5004):  
Conceitos Fundamentais da Física do Sistema Solar  
Enos Picazzio (IAGUSP)*

**NÃO HÁ PERMISSÃO DE USO PARCIAL OU TOTAL DESTES MATERIAIS PARA OUTRAS FINALIDADES.**

# Superfície planetária: 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)

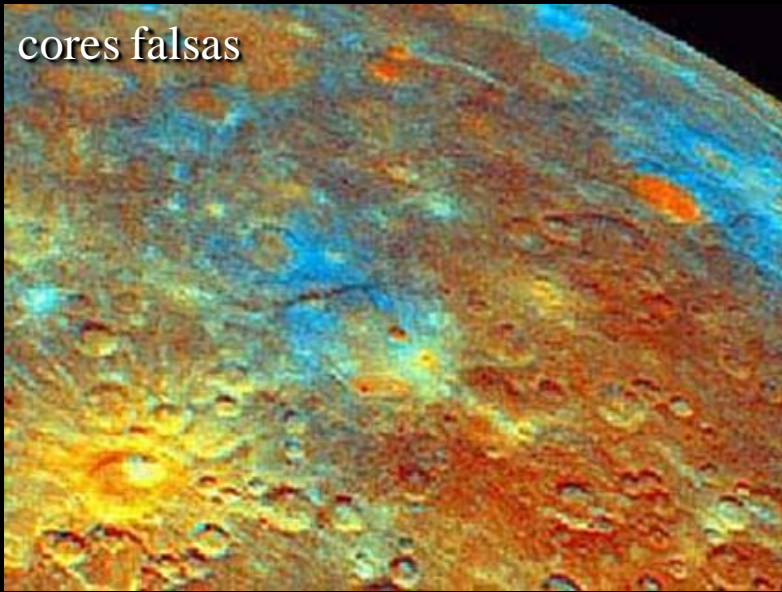
**Campo magnético (~ 1% do terrestre) é substancial**

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

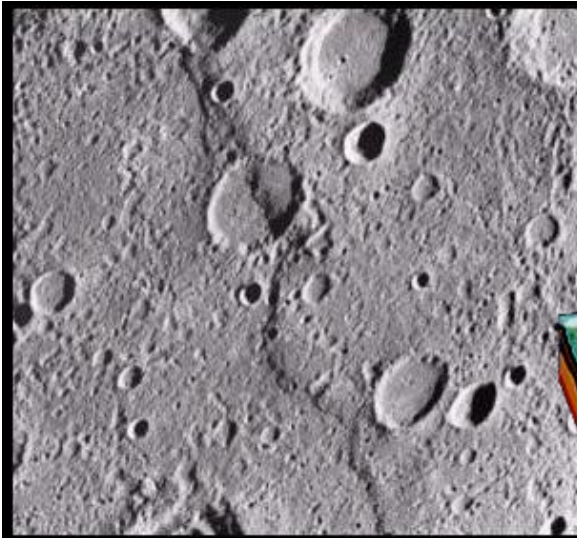
**A missão Messenger (2006) poderá esclarecer**

# Superfície planetária: Mercúrio

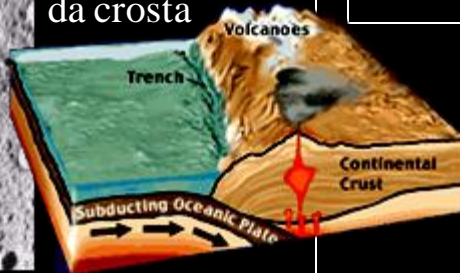
cores falsas



**Contraste evidencia diferenças em composição química**

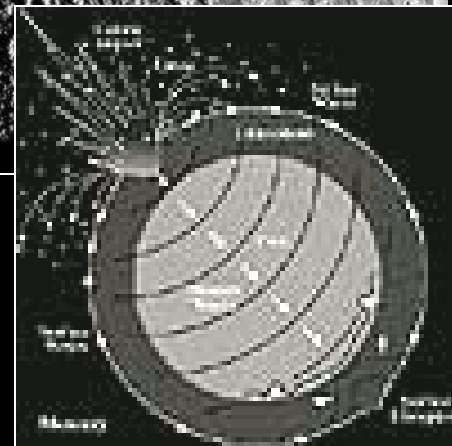


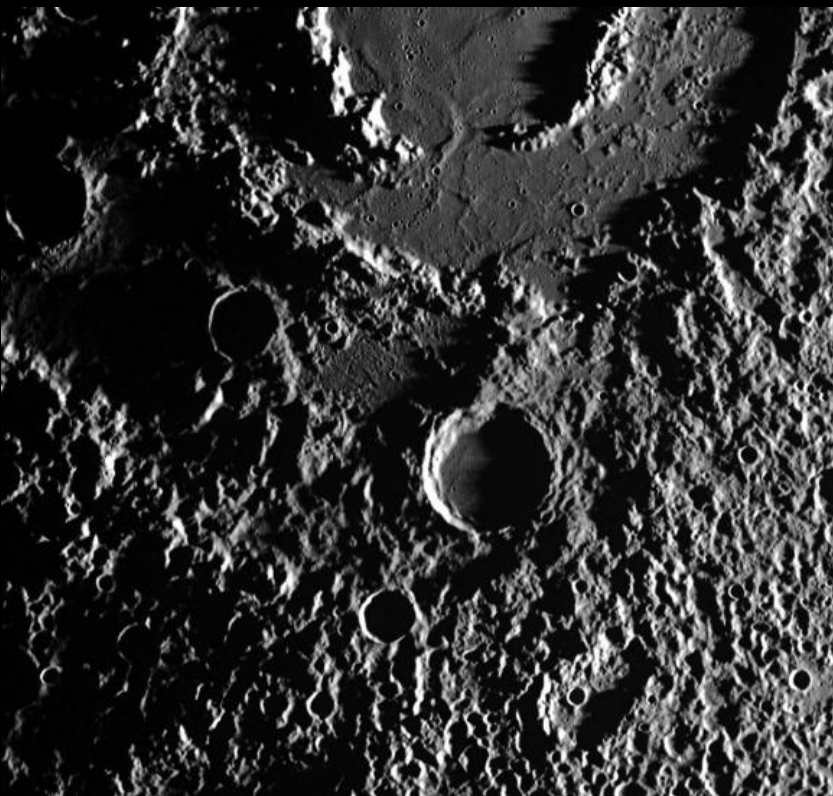
Falhas  
Resfriamento do planeta provoca enrugamento da crosta



Base “Caloris”  
Colisão violenta produziu bordos múltiplos.

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





## Base Vivaldi (hemisfério sul) [NASA – MESSENGER]

Cratera de 213 km, com fundo plano e constituído de material fundido e solidificado.

O terreno acidentado resultou de material ejetado do impacto.

Composição do terreno é tipicamente vulcânica, mas com idades diferentes e **abundância elevada de magnésio e enxofre. É caso único entre os planetas rochosos.**

Terrenos mais antigos apresentam valores maiores para taxas Mg/Si, Na/Si, Ca/Si e menores para Al/Si.

Isto significa que os terrenos planos são materiais magmáticos quimicamente diferente dos materiais das regiões mais antigas.

**Superfície de Mercúrio apresenta alta proporção de minerais ricos em magnésio e enxofre. Há dez vezes mais enxofre na superfície marciana do que na superfície terrestre. Na Terra, minerais ricos em magnésio são oriundos de rochas vulcânicas formadas de lavas muito quentes. Isto pode ter ocorrido em Mercúrio.**

# MESSENGER

Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry, and Ranging

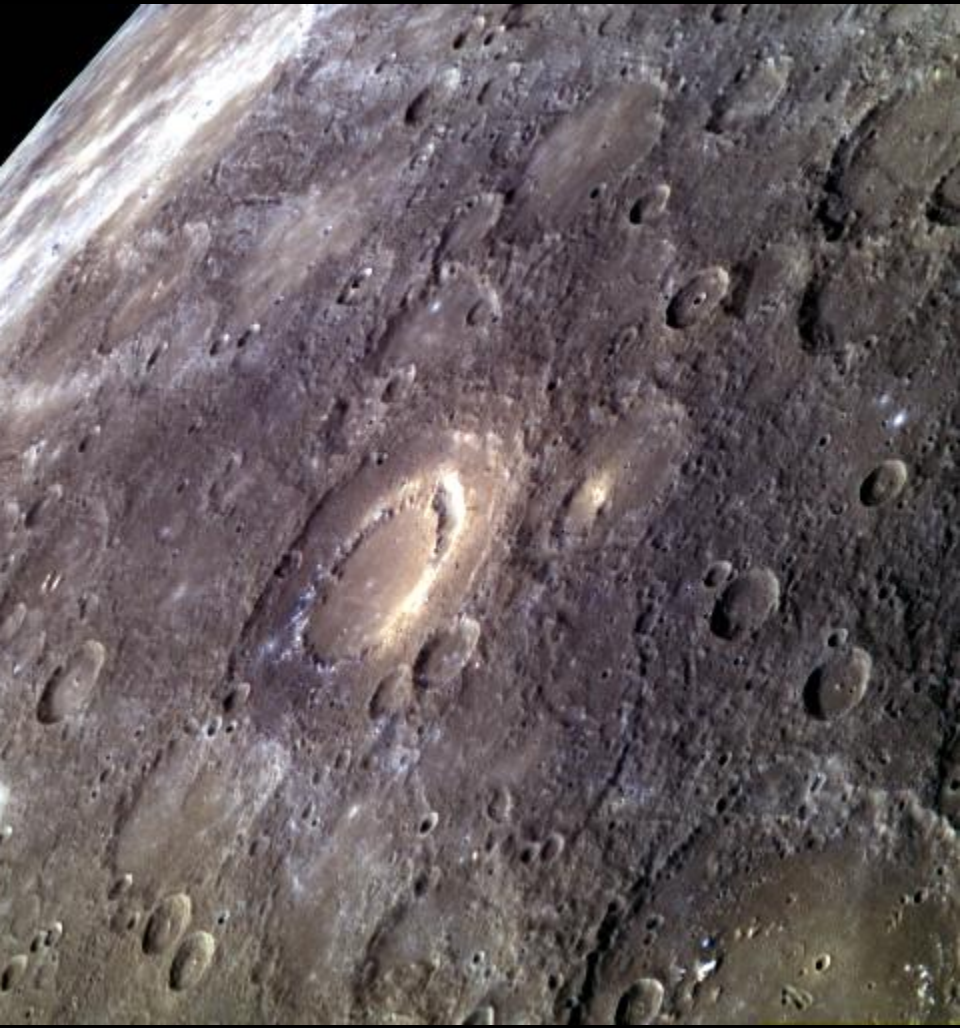
A NASA Discovery mission to conduct the first orbiter mission to Mercury  
of the inner solar system



CARNEGIE  
INSTITUTION FOR  
SCIENCE



JOHNS HOPKINS  
APPLIED PHYSICS



# MESSENGER

Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry, and Ranging

A NASA Discovery mission to conduct the first orbiter

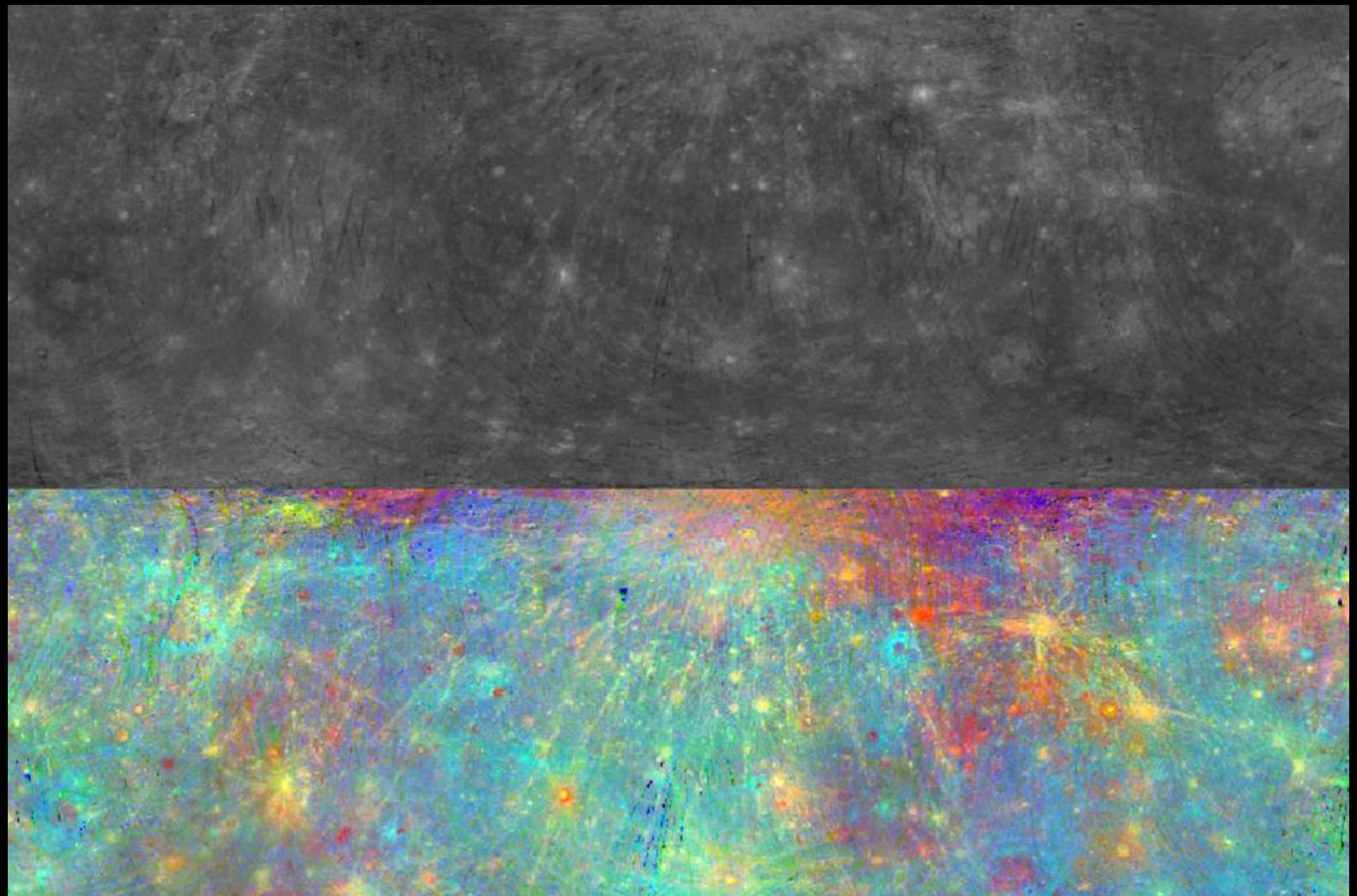
of the innermost



CARNEGIE  
INSTITUTION FOR  
SCIENCE



JOHNS HOPKINS  
APPLIED PHYSICS



# MESSENGER

MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry, and Ranging

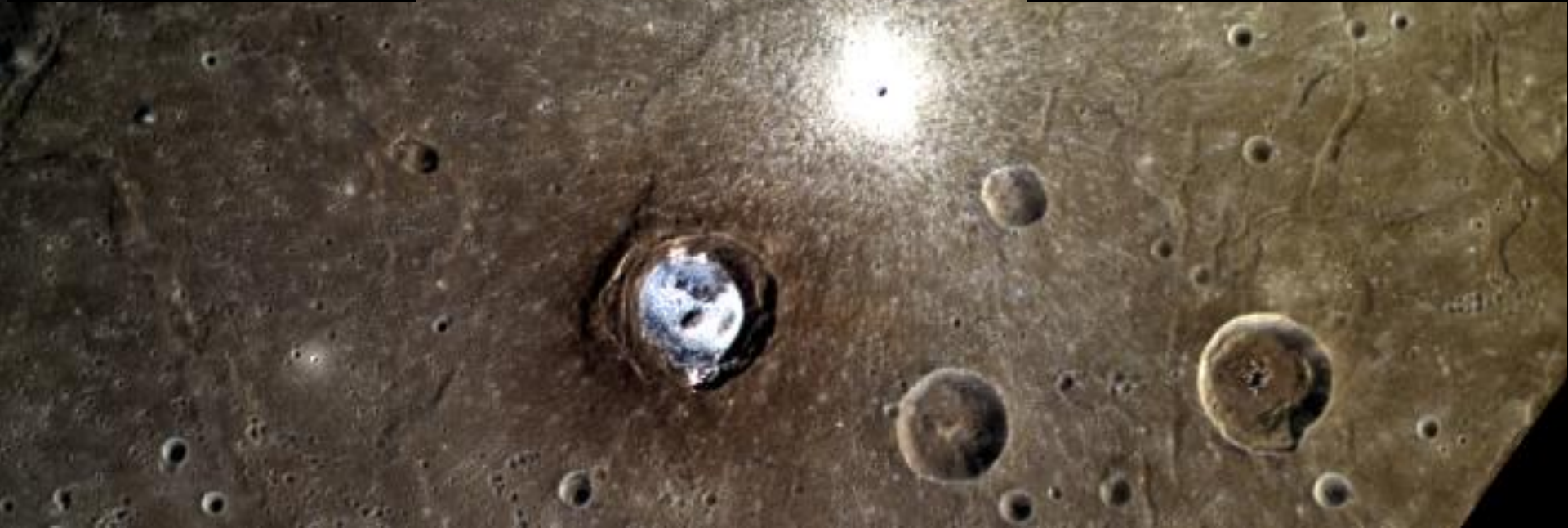
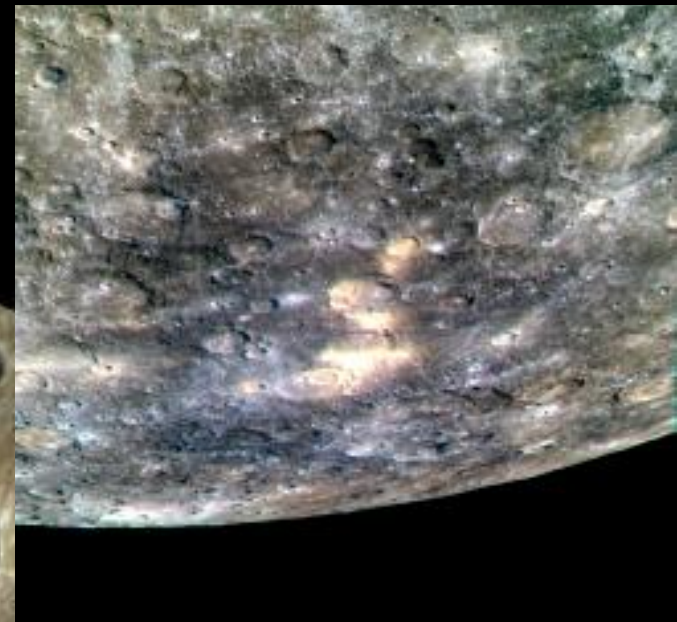
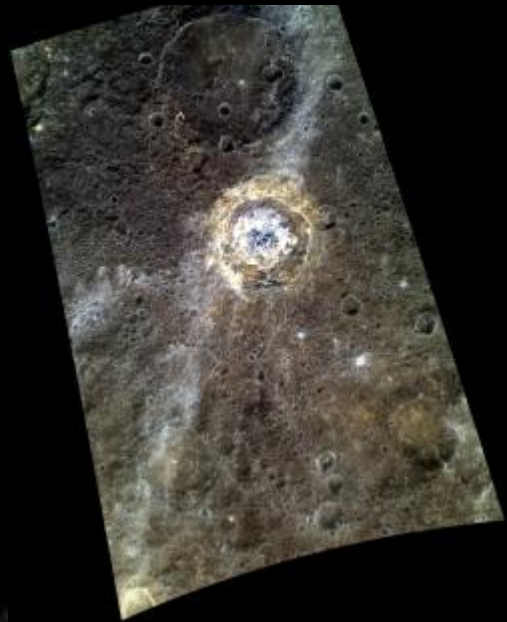
A NASA Discovery mission to conduct the first orbiter mission to the innermost planet



CARNEGIE INSTITUTION FOR SCIENCE



JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY



# MESSENGER

MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry, and Ranging

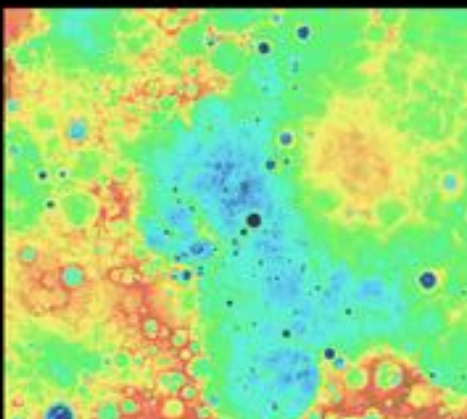
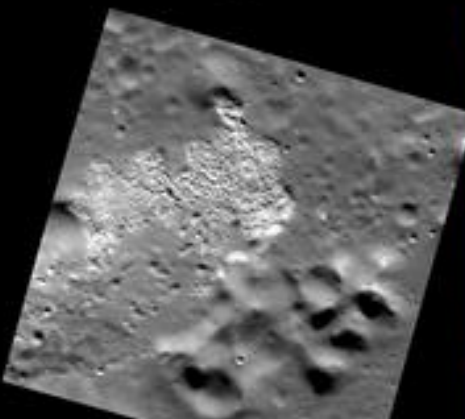
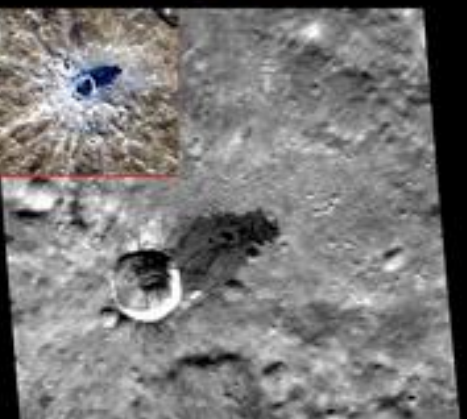
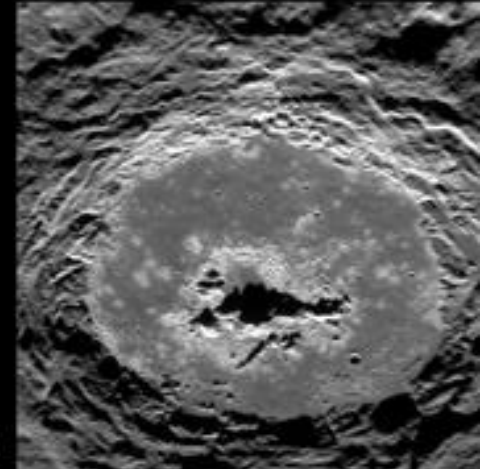
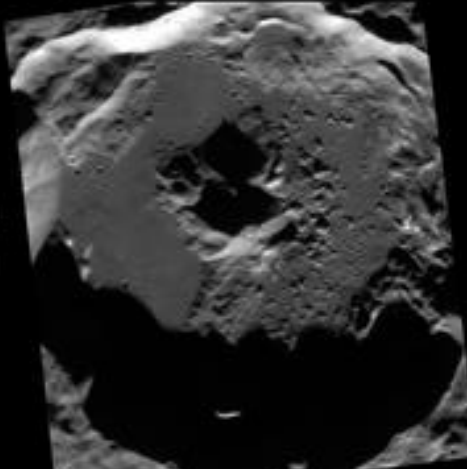
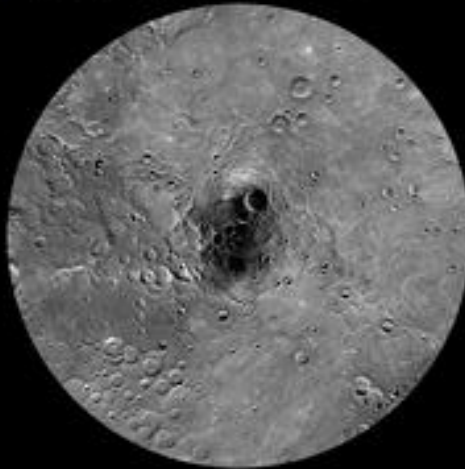
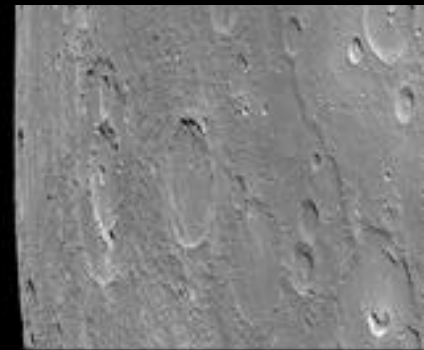
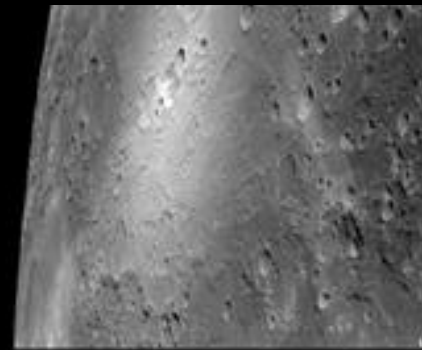
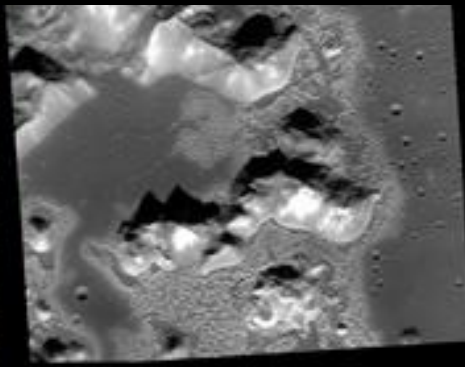
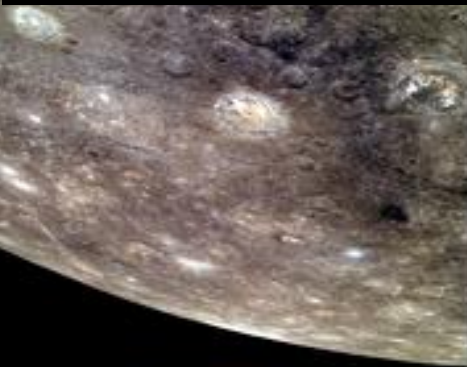
A NASA Discovery mission to conduct the first orbiter of the innermost planet



CARNEGIE INSTITUTION FOR SCIENCE



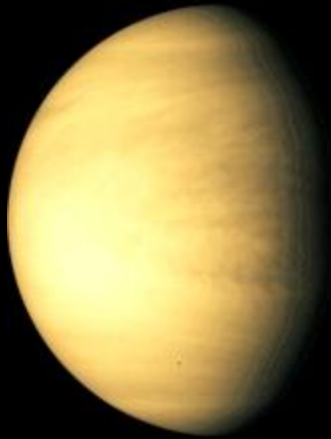
JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY



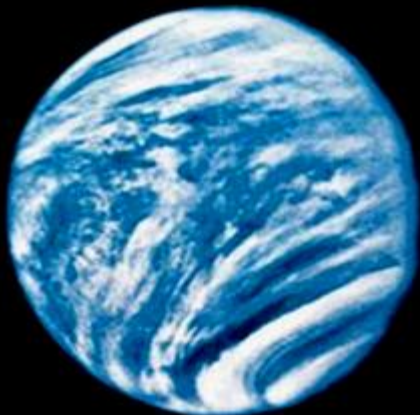


# Superfície planetária: Vênus

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



Luz visível

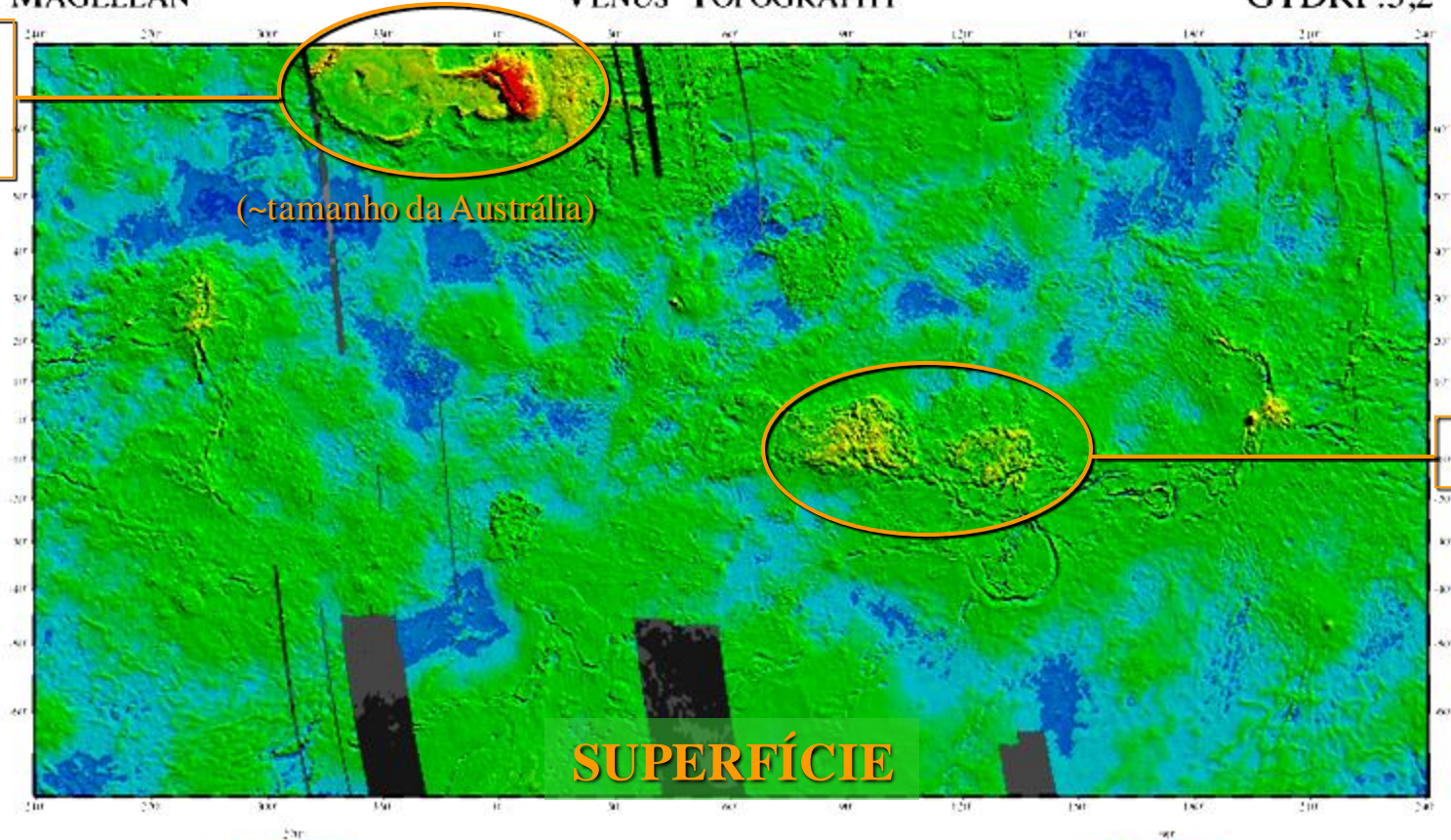


Luz ultravioleta

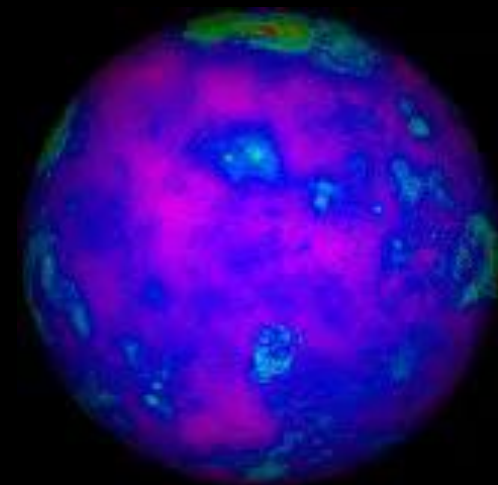
<http://sci.esa.int/venus-express/34067-venus-vs-earth/>

Parameter	Venus	Earth
Orbital Distance (km)	108 200 000	149 600 000
Diameter (km)	12 103.6	12 756.3
Mass (kg)	$4.869 \times 10^{24}$	$5.972 \times 10^{24}$
Density ( $\text{kgm}^{-3}$ )	5.24	5.52
1 Day	243 Earth days	23h 56m
1 Year	224.7 Earth days	365.25 days
Atmosphere	96% CO <sub>2</sub> 3% N	77% N 21% O
Escape Velocity ( $\text{kms}^{-1}$ )	10.36	11.18
Surface Gravity ( $\text{ms}^{-2}$ )	8.87	9.81
Axial Tilt (°)	177.36	23.5
Orbit Inclination (°)	3.39	0.00
Eccentricity of orbit	0.007	0.017

**Ishtar:  
montes  
Maxwell**



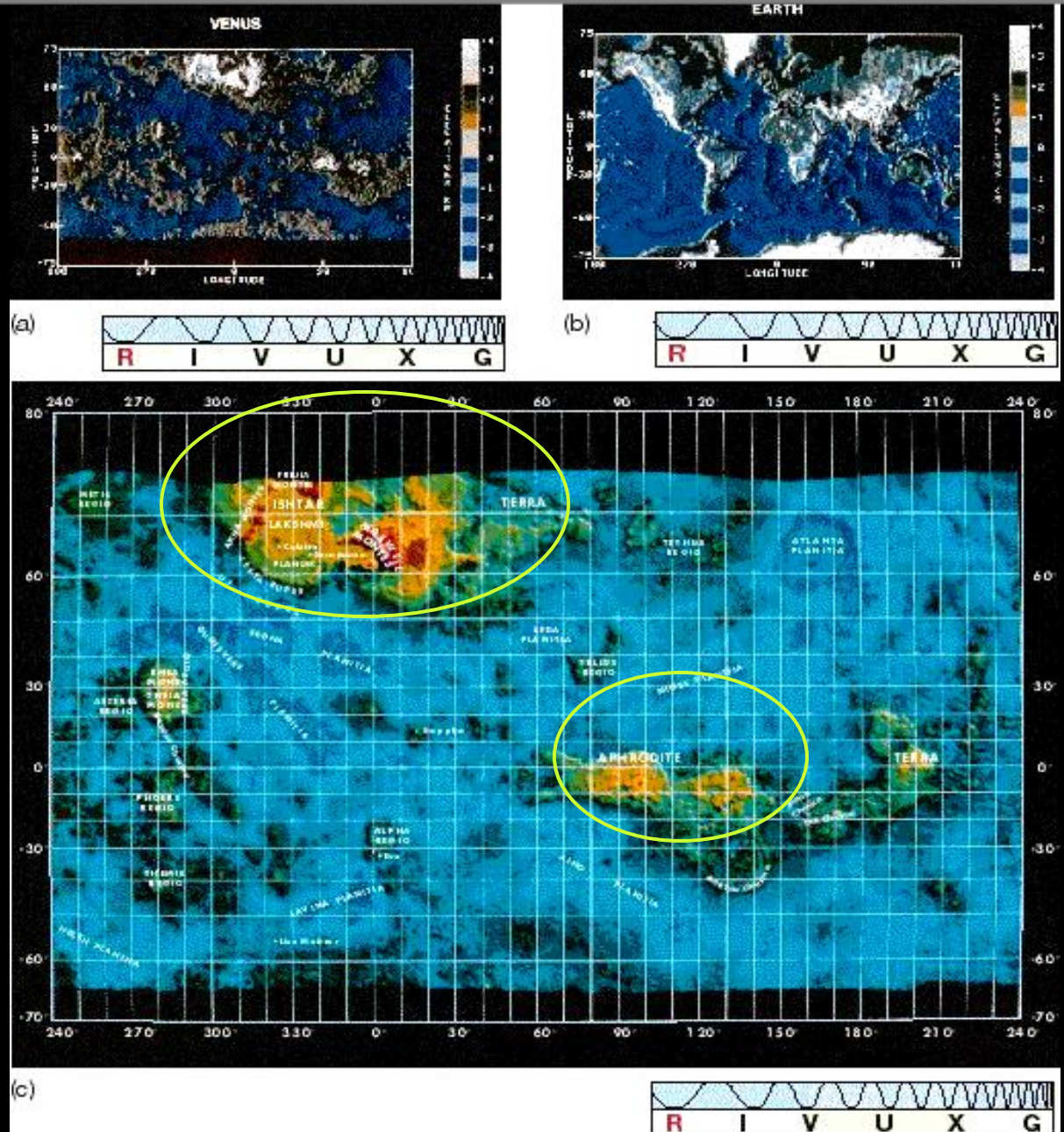
- imagem sintetizada a partir de dados de radar,
- superfície relativamente plana, com desnível aproximado de 14 km. Apenas 20% da superfície têm elevações.
- apesar da presença constante de matéria vulcânica, não há evidência de atividade tectônica.



# Superfície planetária: Vênus

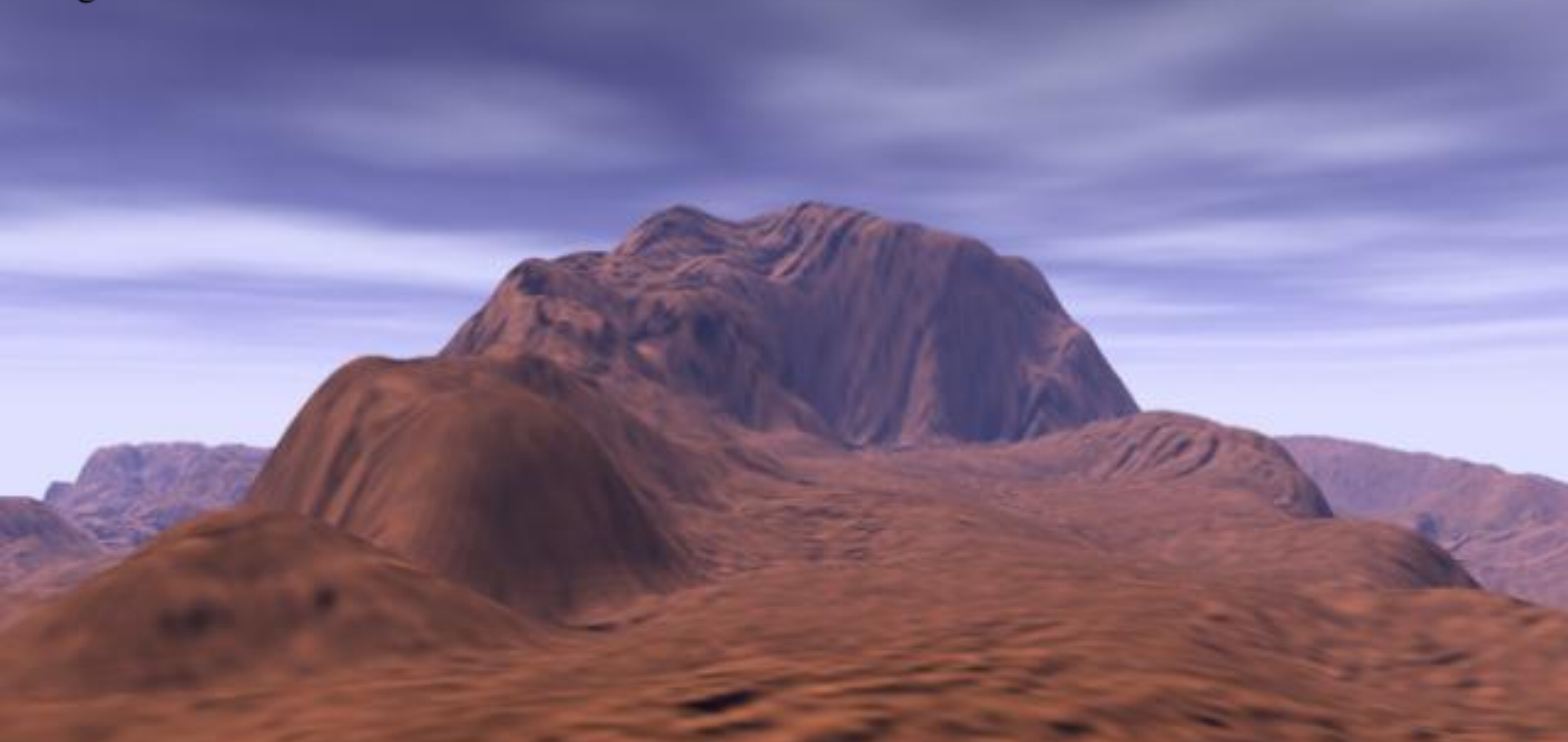
As duas regiões mais elevadas de Vênus: Ishtar (norte) e Afrodite (equador).

Os montes Maxwell estão na região de Ishtar.



# Superfície planetária: Vênus

Região de Ishtar



## Montes MAXWELL

Altura: 11 km acima das planícies de Lakshmi.

Resolução: 15 km

Imagens (1989): sondas Pioneer (NASA) e Venera (URSS)

*dpa*

# Superfície planetária: Vênus

Região de Afrodite



## Monte MAAT

Maior vulcão (ativo?) local.

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

Resolução: 75 metros!

# Superfície planetária: Vênus

Região de Afrodite



**Monte SAPPAS**

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

Região de Alta Regio.

*dpa*

# Superfície planetária: Vênus

Região de Afrodite



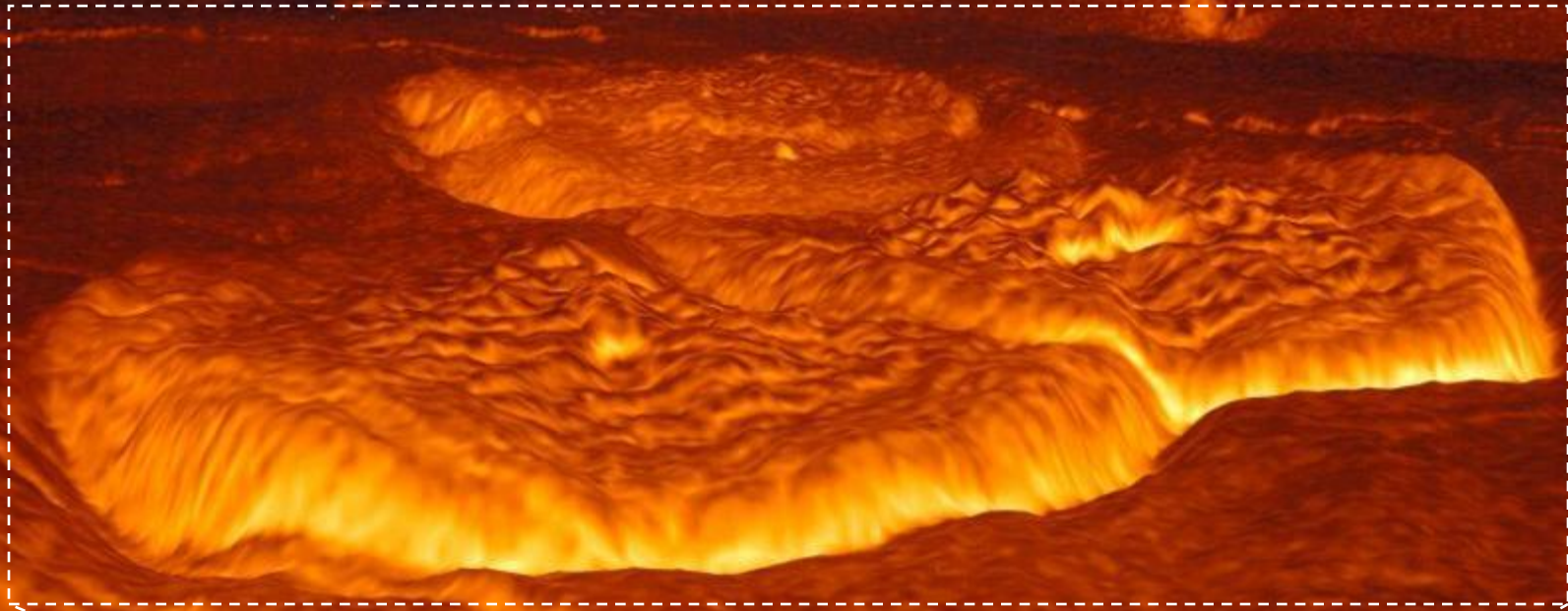
**Monte OZZA**

Vista de Ozza e Maat, do sudoeste.

Região de Alta Regio.

*dpa*

# Superfície planetária: Vênus



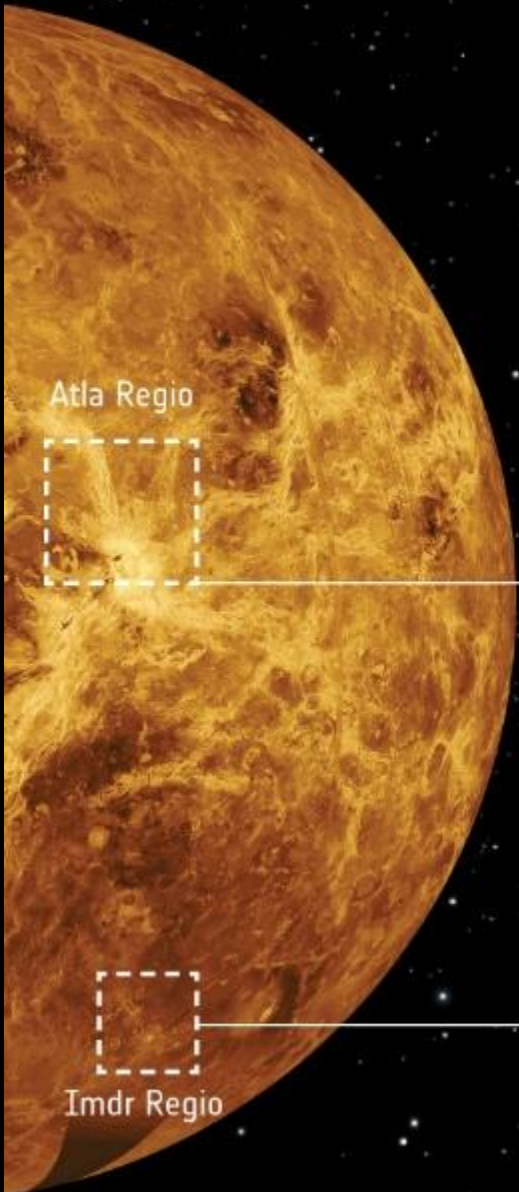
## DOMOS

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



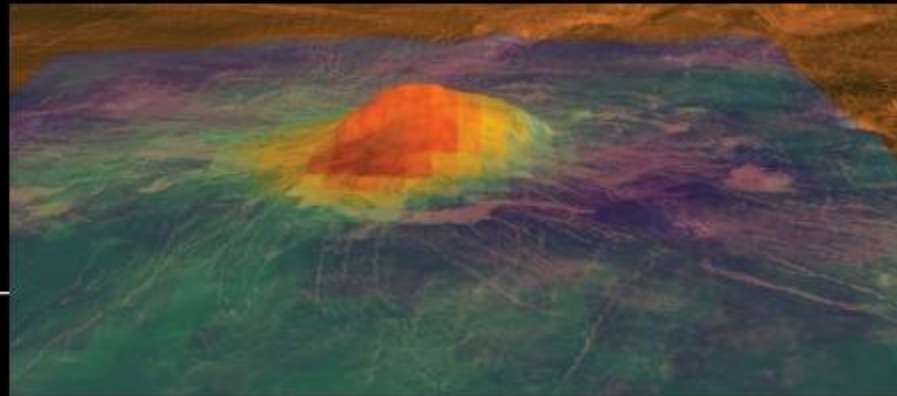
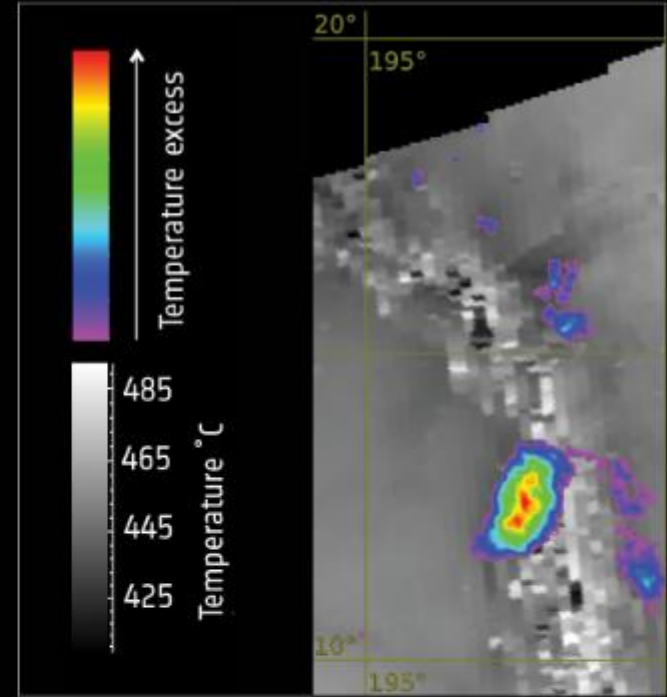
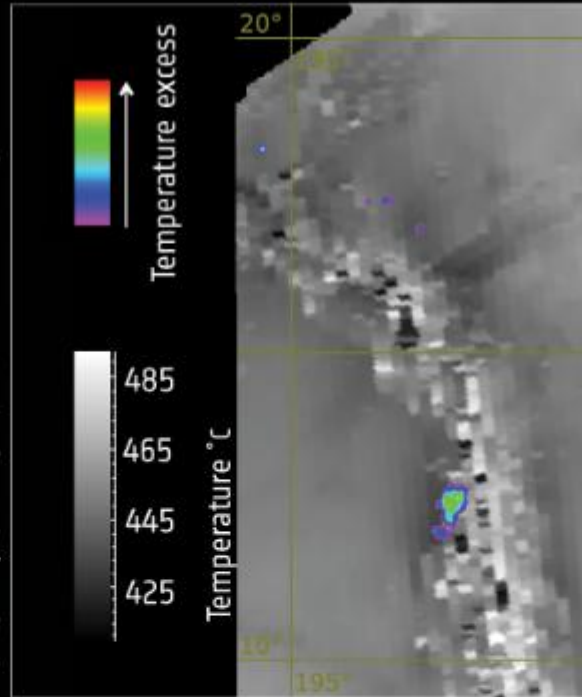


# Superfície planetária: Vênus



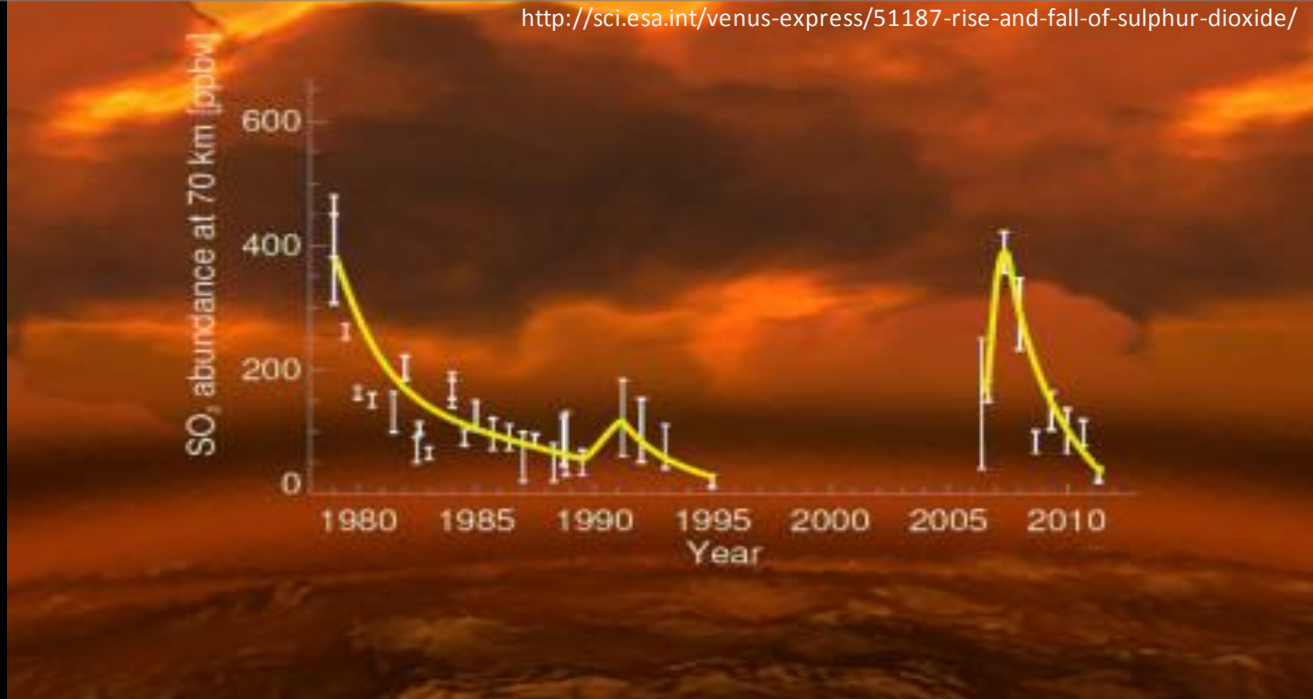
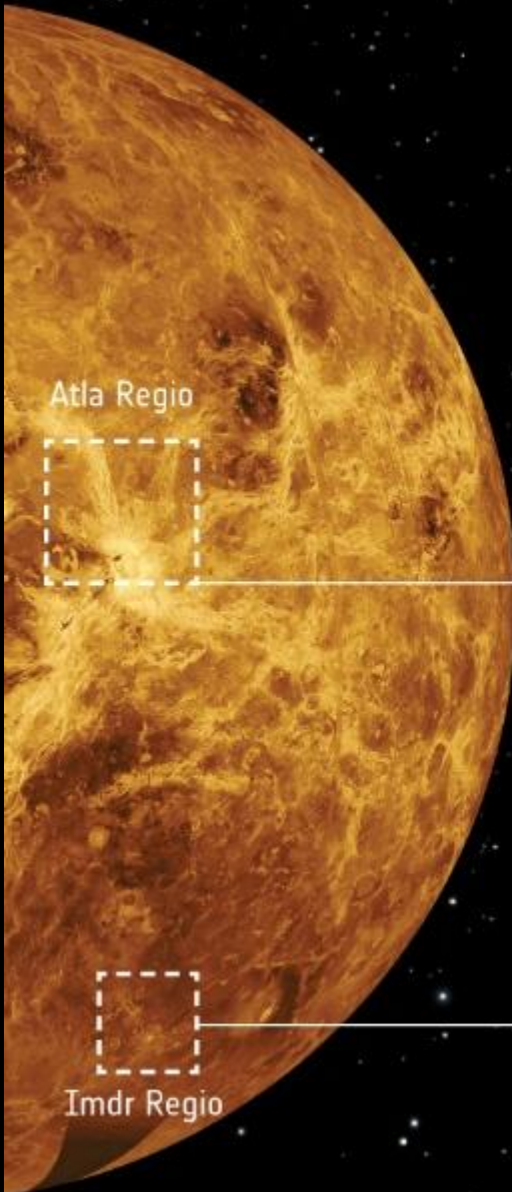
Atla Regio

Imbr Regio

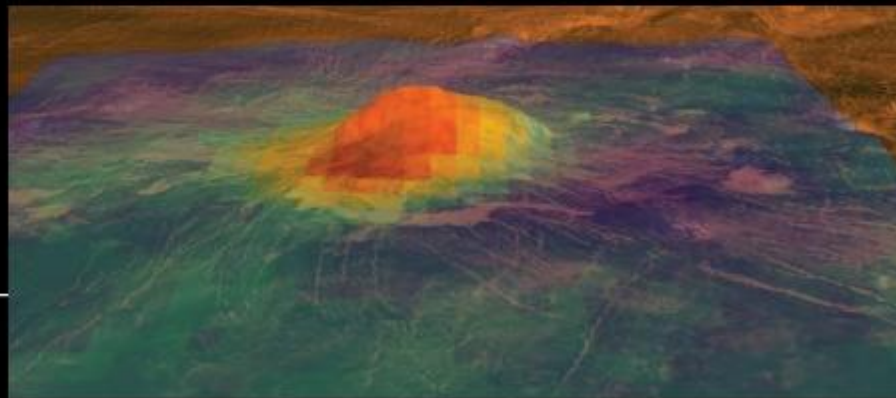


# Superfície planetária: Vênus

<http://sci.esa.int/venus-express/51187-rise-and-fall-of-sulphur-dioxide/>



O aumento do dióxido de enxofre pode ser interpretado como evidência de atividade vulcânica ou variações na circulação da espessa atmosfera de Vênus.



# Superfície planetária: Vênus

Imagens sintetizadas de dados de radar



## CRATERAS DE IMPACTO

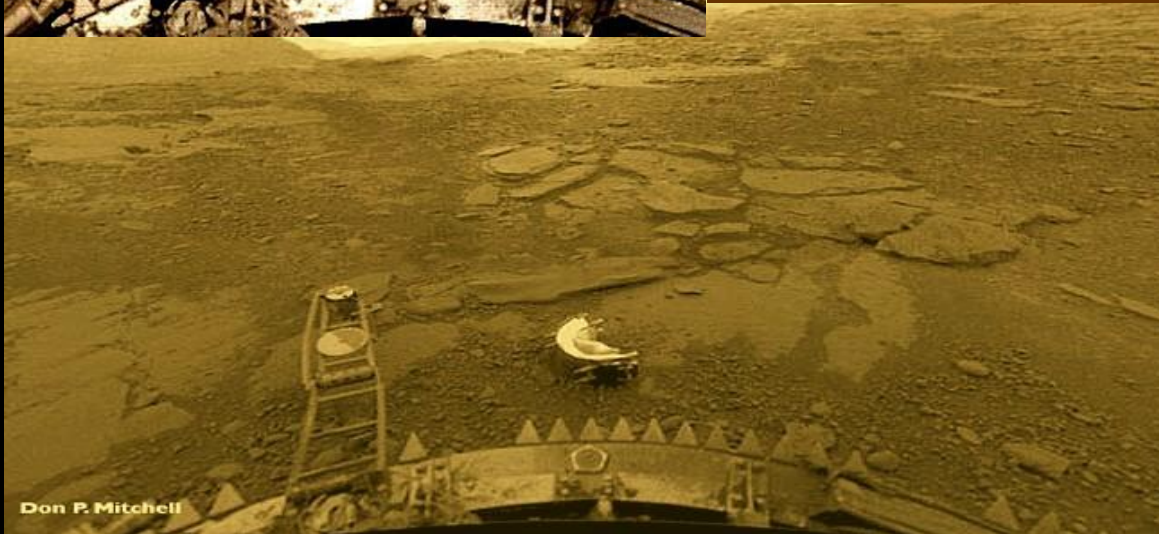
**Imagem artificial construída com dados radarmétricos de 1991.**

**Sonda Magalhães - NASA**

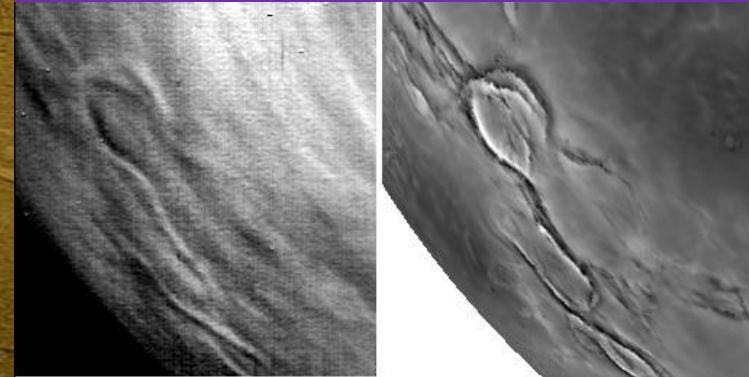
# Superfície planetária: Vênus



Única imagem detalhada da superfície venuziana, obtida pela sonda russa Venera. Os contornos pontiagudos das rochas são resultantes da rachadura por aquecimento, e denunciam a ausência de erosão eólica.



Vênus Express: Imagens de  
20/07/2007 3:55 pm



Térmica

Radar

[http://lostlab.ru/forum/index.php?app=core&module=attach&section=attach&attach\\_rel\\_module=post&attach\\_id=3180](http://lostlab.ru/forum/index.php?app=core&module=attach&section=attach&attach_rel_module=post&attach_id=3180)

[http://www.harmsy.freeuk.com/oimages/venus\\_surface.jpg](http://www.harmsy.freeuk.com/oimages/venus_surface.jpg)



# Superfície planetária: 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  $\approx 1$  km.

**Idade da superfície:**  $\sim 500$  milhões anos

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

**Gravidade superficial:** altamente correlacionada com topografia

→ houve controle do processo por mecanismos internos

# Superfície planetária: Terra

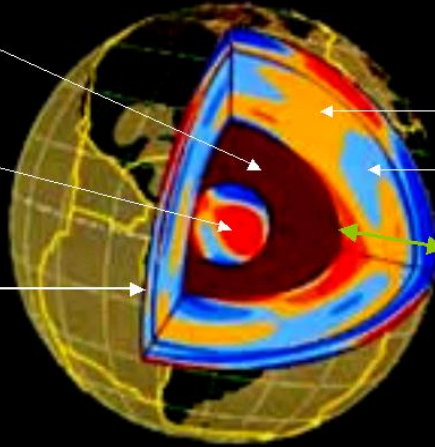


# Superfície planetária: Terra

**núcleo externo**  
(ferro líquido)

**núcleo interno**  
(ferro sólido)

**placas**  
(incluindo a crosta)  
~100 km



quente

fria

**manto** (~3000km)  
rochas em lenta  
convecção

tomografia sísmica (Dziewonski et al.)

200 million years ago



(a)

130 million years ago



(b)

65 million years ago

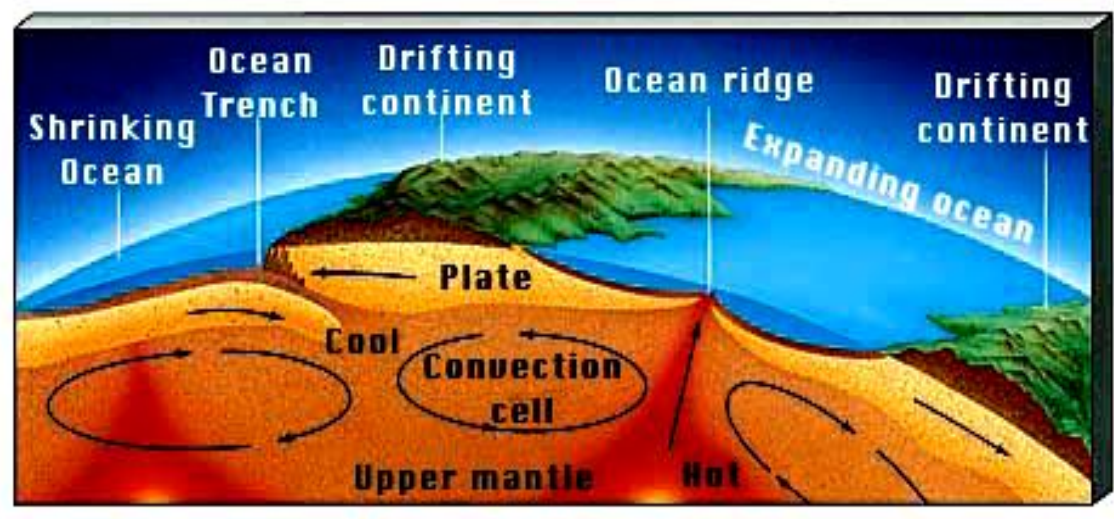
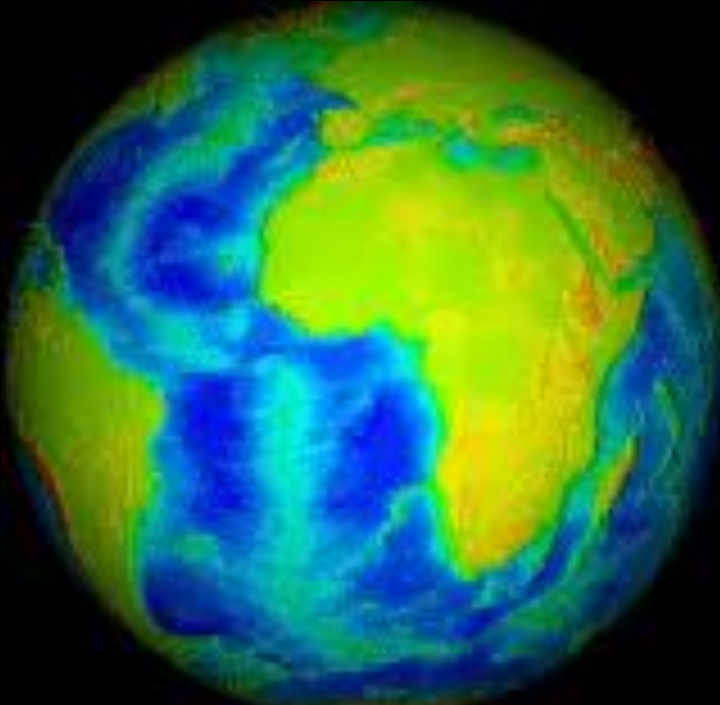


(c)

Present

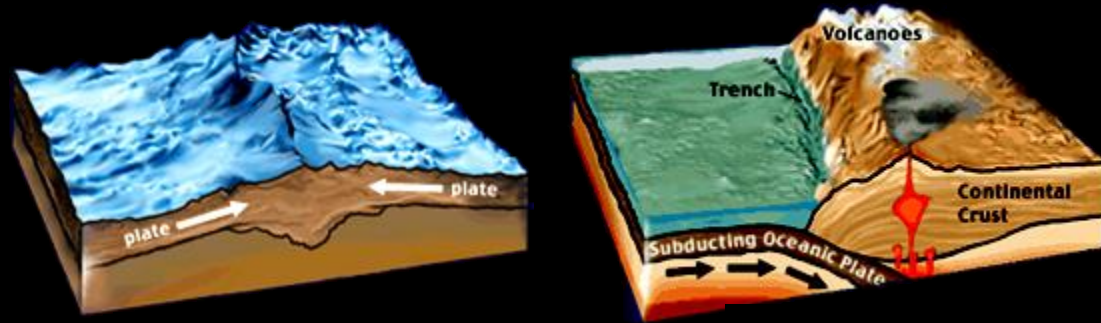


(d)



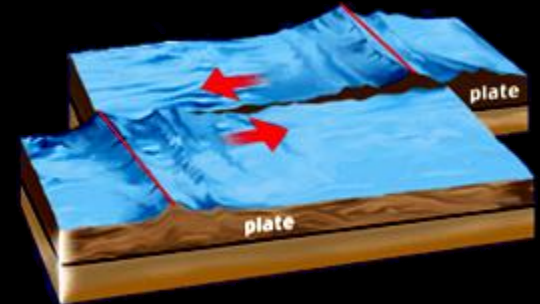
# Superfície planetária: Terra

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



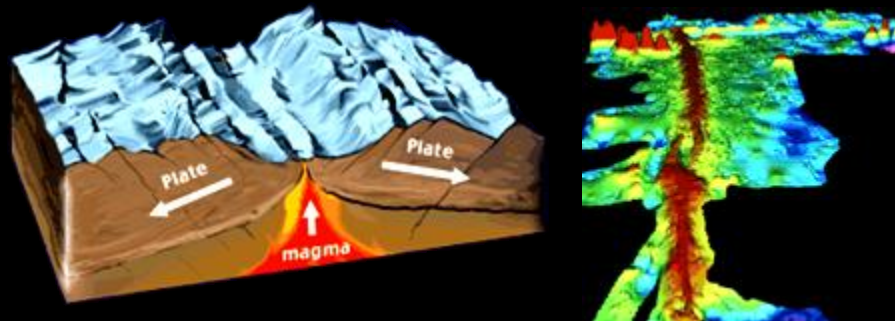
Tectonismo por colisão entre placas

Margens Destrutivas  
(convergência)



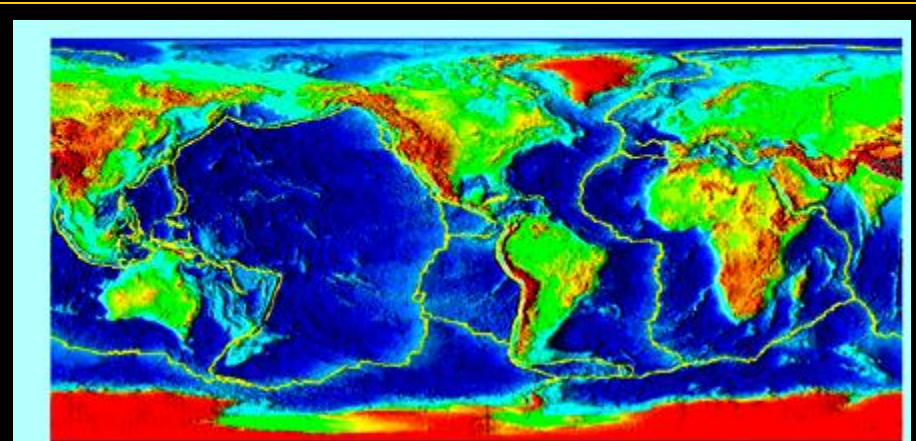
Tectonismo por deslocamento lateral  
entre placas

Margens Conservativas  
(deslocamento relativo)



Tectonismo por separação entre placas

Margens Construtivas  
(centros de espalhamento)



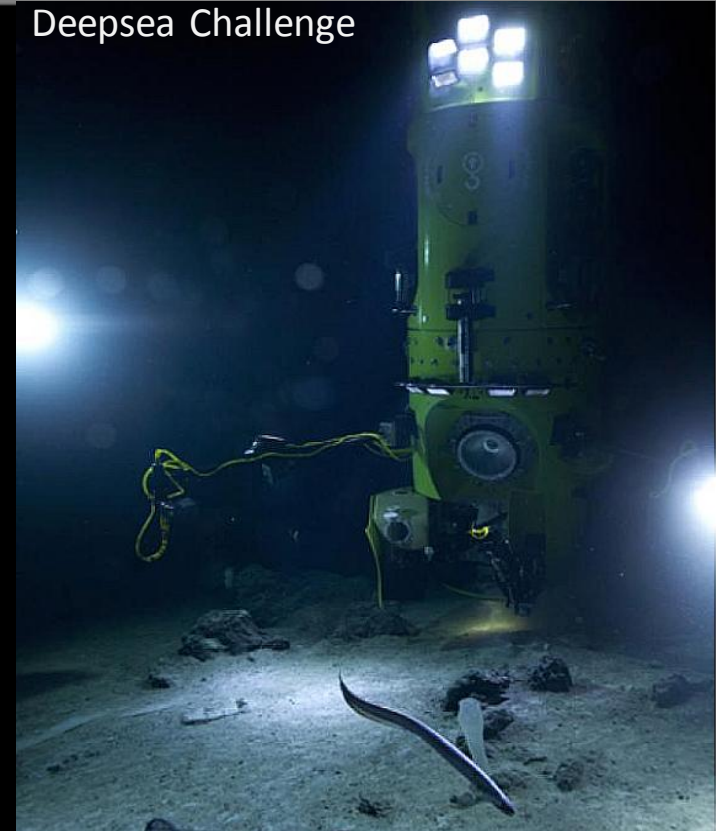


# Fossa das Marianas: o local mais profundo do oceano



MARIANA TRENCH

Deepsea Challenge



1,000 METERS -  
COMPLETE DARKNESS  
3,300 FEET (THE MIDNIGHT ZONE)



SPERM WHALE  
MAXIMUM DEPTH

4,000 METERS  
13,100 FEET (THE ABYSS)



DEPTH AT WHICH  
TITANIC RESTS

CONTINENTAL RISE

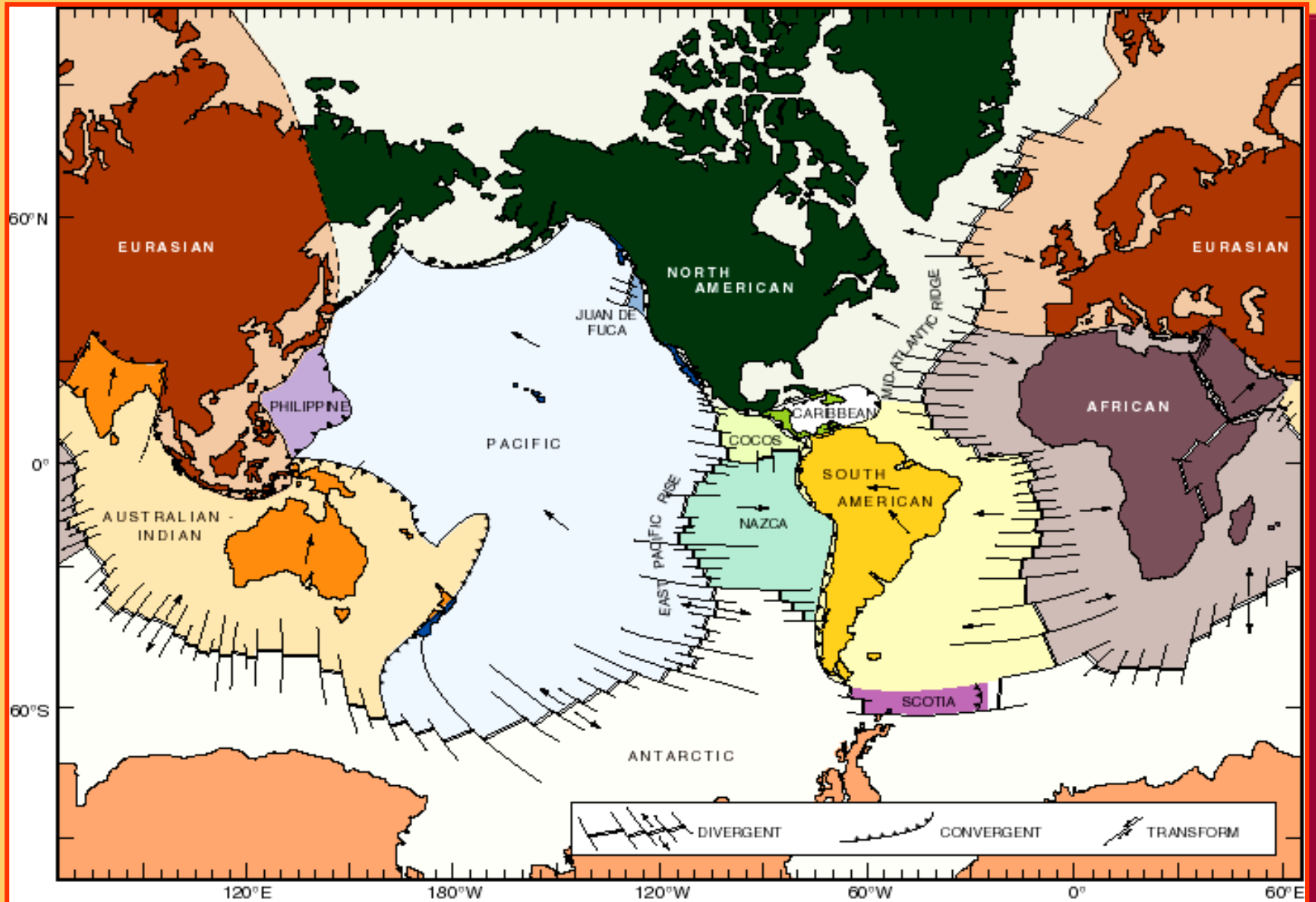
OCEAN BASIN

DEPTH OF AN INVERTED  
MT. EVEREST

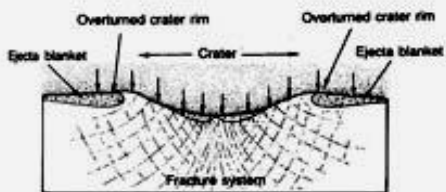
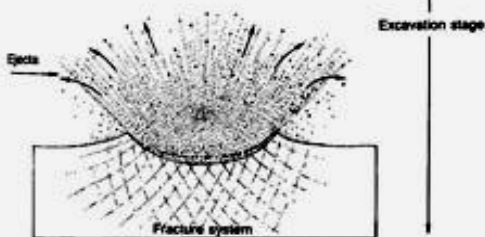
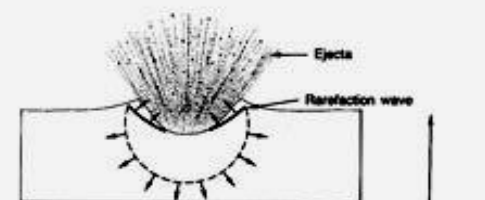
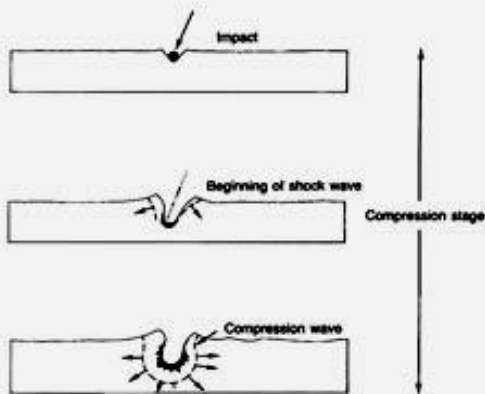
10,000 METERS -  
32,800 FEET (THE TRENCHES)

11,000 METERS -  
36,100 FEET

# Superfície planetária: Terra



# Crateras de impacto



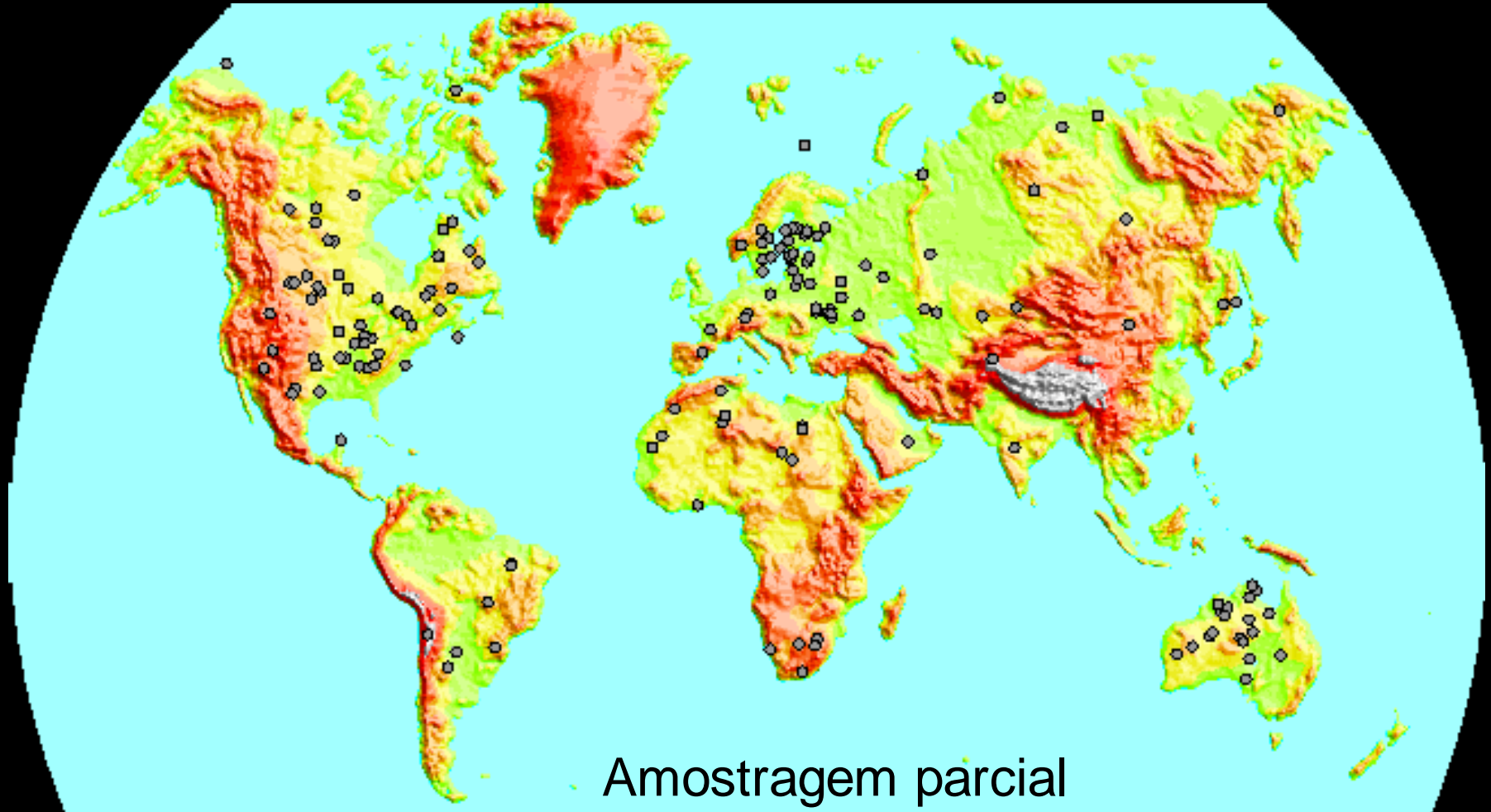
O que sabemos sobre formação de crateras?

Mecanismo é bem conhecido: tamanho, profundidade e forma da cratera, velocidade do impacto, natureza do alvo e do projétil, são gradezas correlacionadas.

Experimentos revelam que em regime de hipervelocidade (kms/s) o ângulo de ejeção depende da porosidade ao alvo: maior a porosidade, maior ângulo da trajetória (relativamente à superfície).



# Crateras de impacto



As crateras de impacto da Terra: [www.solarviews.com/enq/crater.htm](http://www.solarviews.com/enq/crater.htm)

# Crateras de impacto



# Crateras de impacto

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 foram investigados.

As crateras de impacto da Terra:

[www.solarviews.com/enq/crater.htm](http://www.solarviews.com/enq/crater.htm)

# Crateras de impacto

## Cratera de Vargem Grande



Panorâmica



# Crateras de impacto

## 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

## 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

## Serra da Cangalha Tocantins

Localização:

Idade  
300 milhões de anos

Cratera  
tem 12 km de diâmetro

© EMBRAPA



# Crateras de impacto

## Cratera do Vargeão - SC

Localização:

Lat.:  $26^{\circ} 48.5'S$ ; Long.:  $52^{\circ} 09.9'W$

Idade:

entre 70 e 110 milhões de anos

Objeto impactante:

asteróide entre 700 e 1000 metros de diâmetro

Cratera:

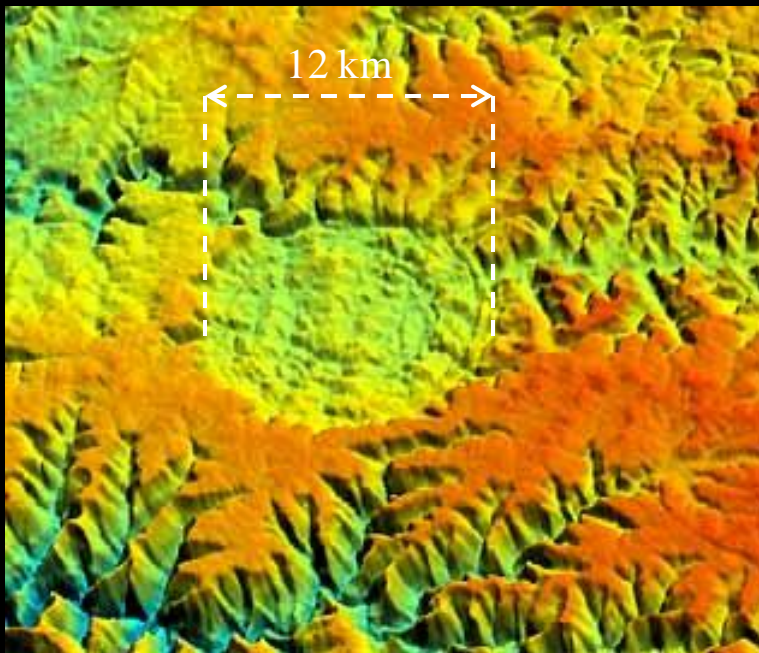
cerca de 12 km de diâmetro.



# Crateras de impacto

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

## Cerro do Jarau - RS

Localização

Lat.: 30°12'S; Long.: 56° 33'W

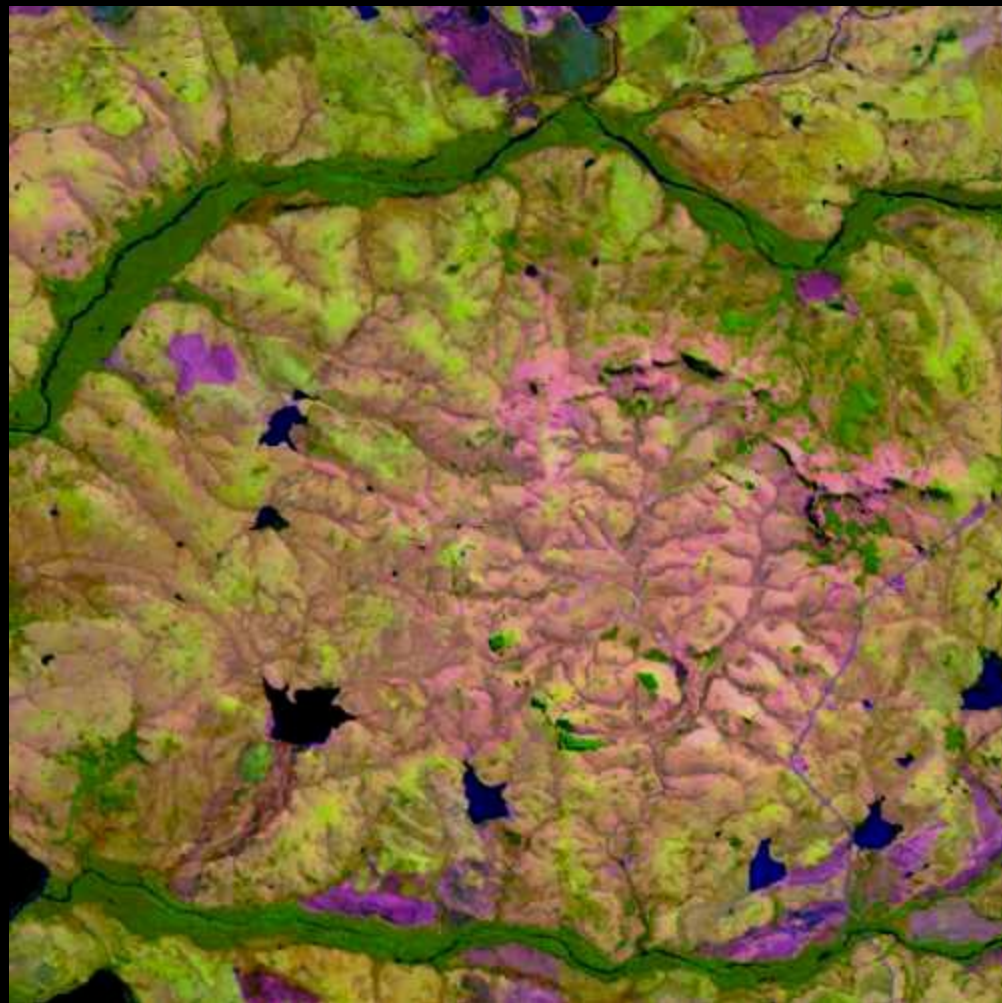
Idade

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

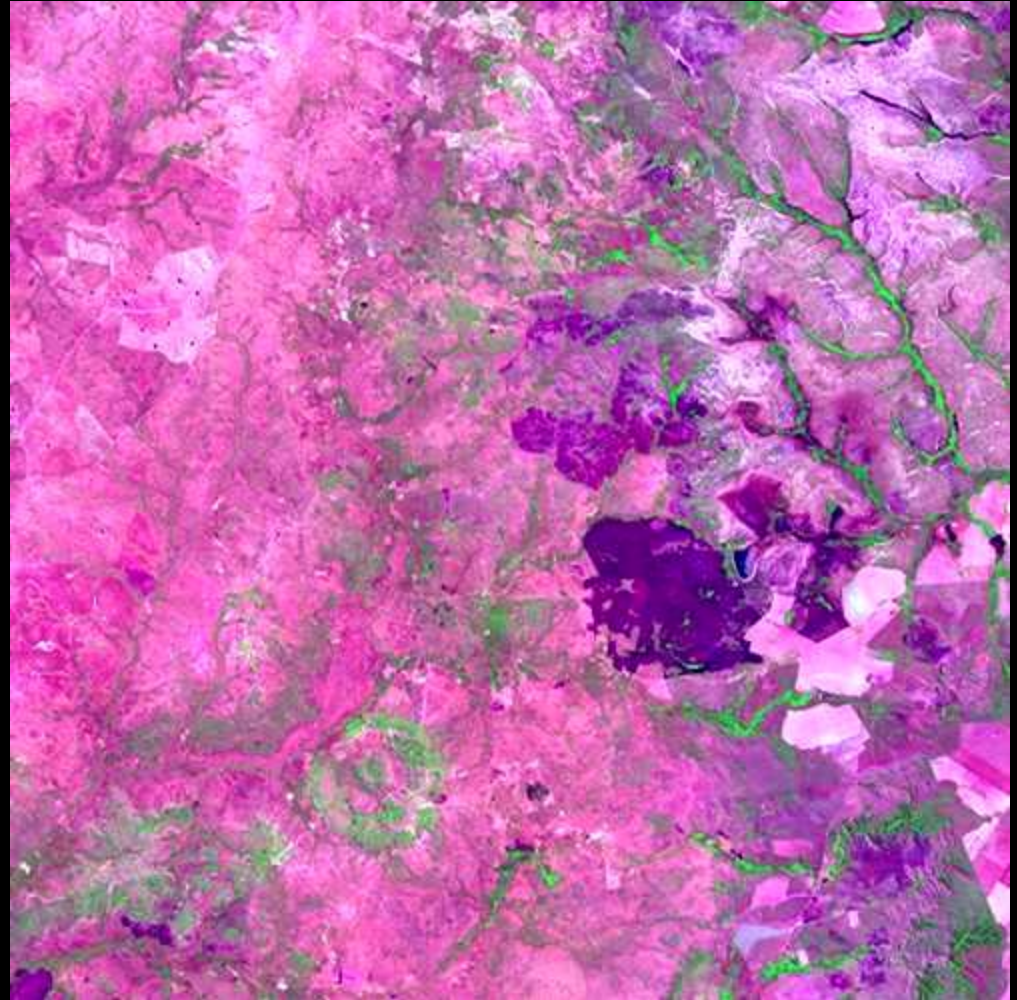
## Riachão Ring, Maranhão

Localização

Idade  
200 milhões de anos

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

© EMBRAPA



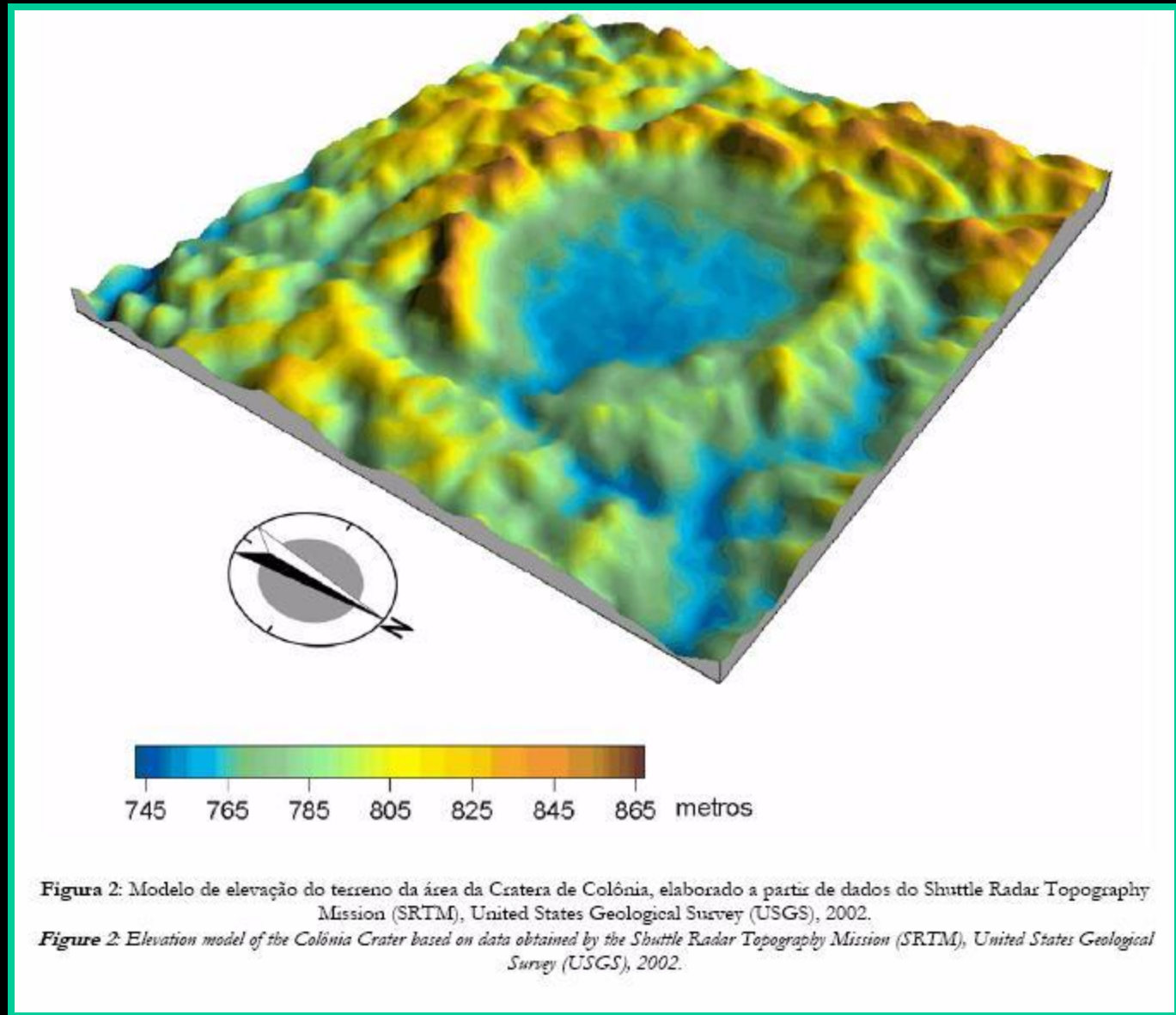
# Crateras de impacto

## Cratera da Vrgem Grande (Colônia), São Paulo

Localização:

Idade  
36 milhões de anos

Cratera  
3,6 km de diâmetro



# Crateras de impacto

**Estados Unidos  
da  
América do Norte**

**Cratera do Meteoro  
(Cratera Barringer)  
Winslow, Arizona**

**Diâmetro ~ 1000 m  
Profundidade ~ 200 m  
Idade: 50.000 anos**

**Impacto: meteorito com ~ 50 metros, a 40 mil km/h com a força de uma bomba de hidrogênio,**

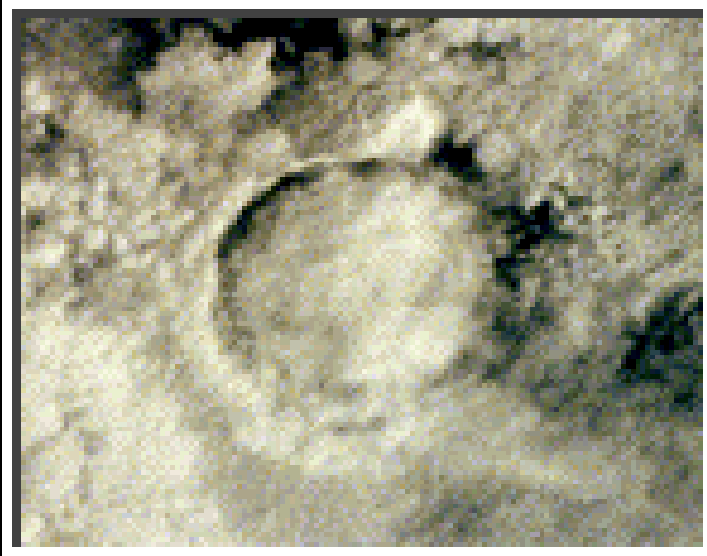
Daniel Barringer, engenheiro de minas, dono da Standard Iron Company, reivindicou a terra para exploração de minério e recebeu a patente assinada por Theodore Roosevelt para 640 acres (2,6 km<sup>2</sup>) ao redor do centro da cratera em 1903.





# Crateras de impacto

## África



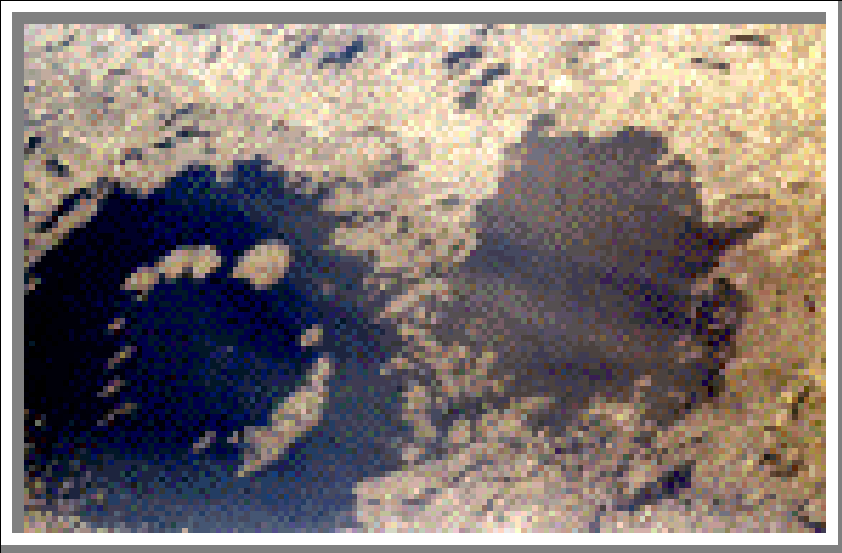
**Bosumtwi Ghana (África)**



**Aorounga, Chad**

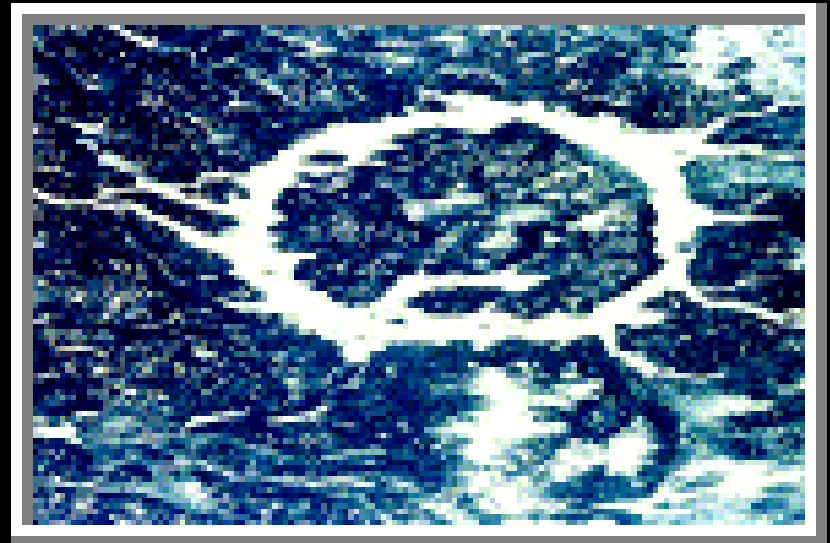
# Crateras de impacto

## Canadá Quebec



### Clearwater

Diâmetros: 32 and 22 km, are  
Idade: 290 milhões de anos



### Manicouagan

Diâmetro: 70 km  
Idade: 212 milhões de anos

# 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

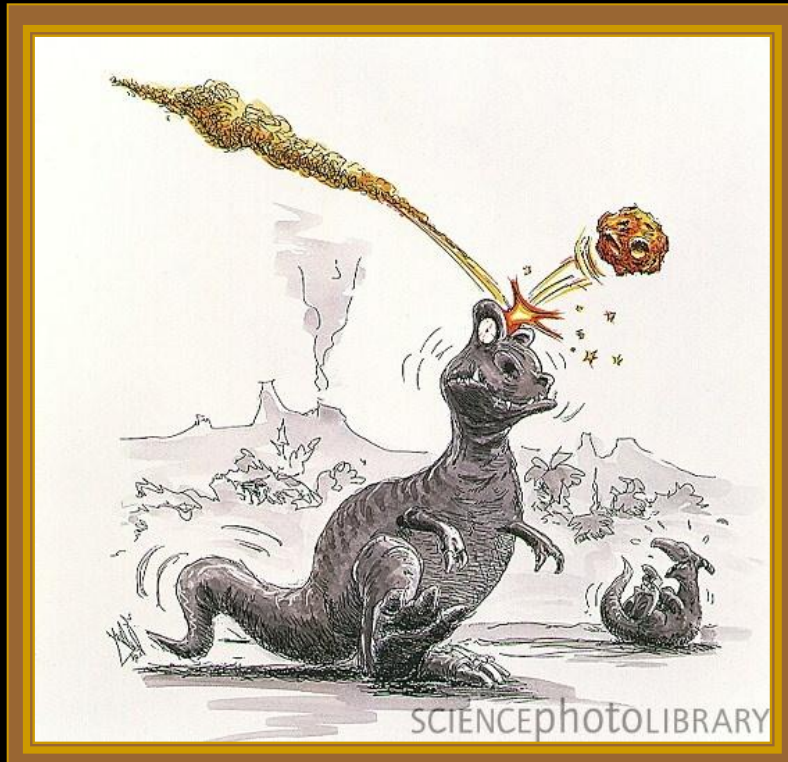
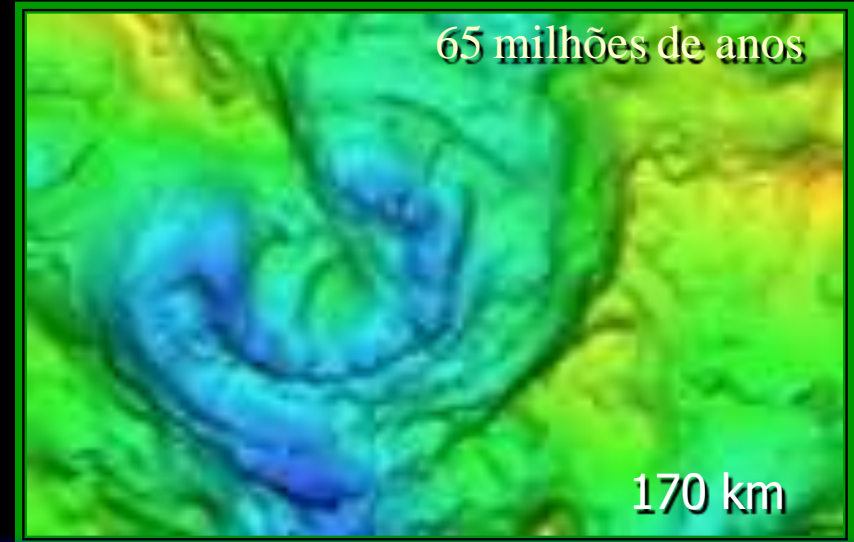


**Visão atual**

# Crateras de impacto

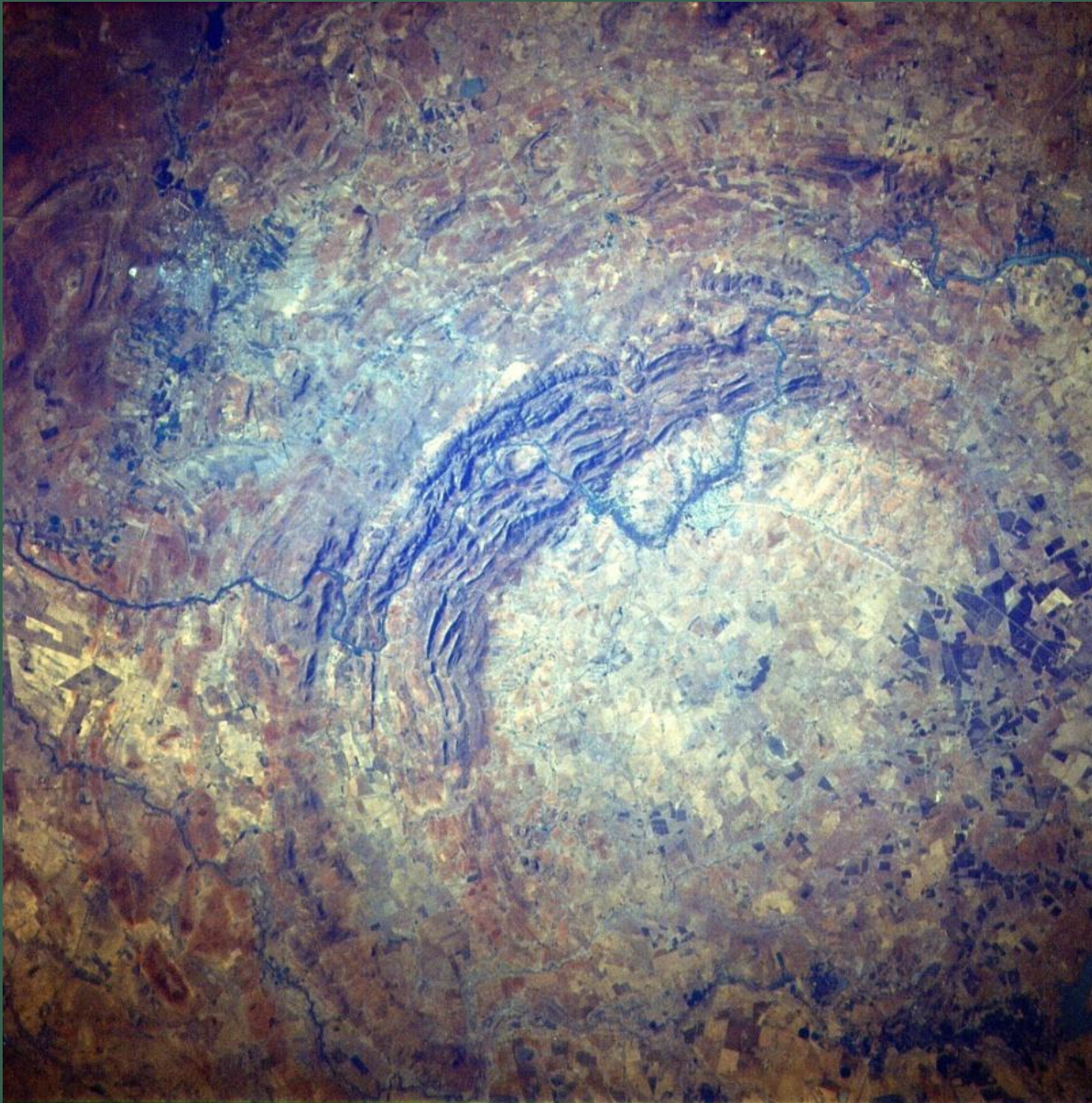
**Chicxulub**

**Península de Yukatan  
(México)**



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

# Crateras de impacto



Conhecida por  
“Vredefort Dome”

Idade: 2 bilhões de  
anos

Radio: 190 km

Local: Free State,  
South Africa

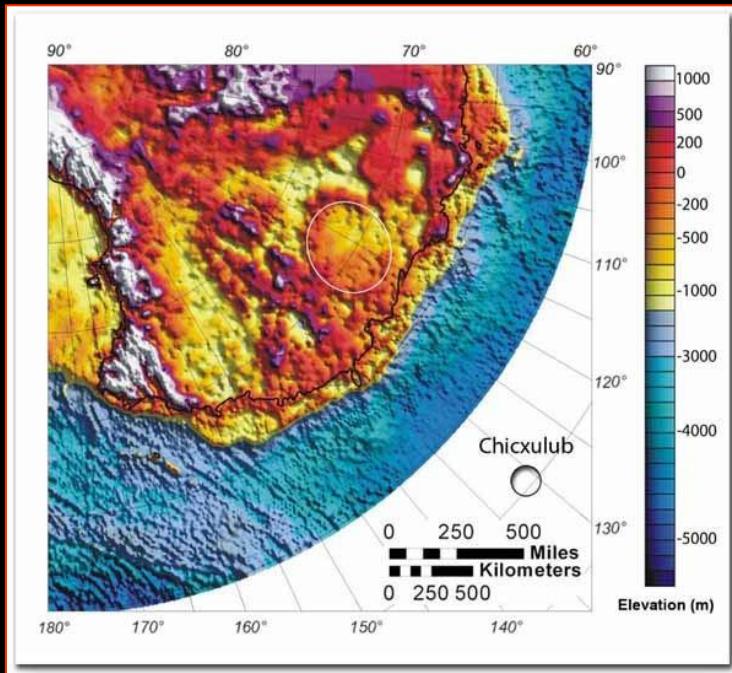
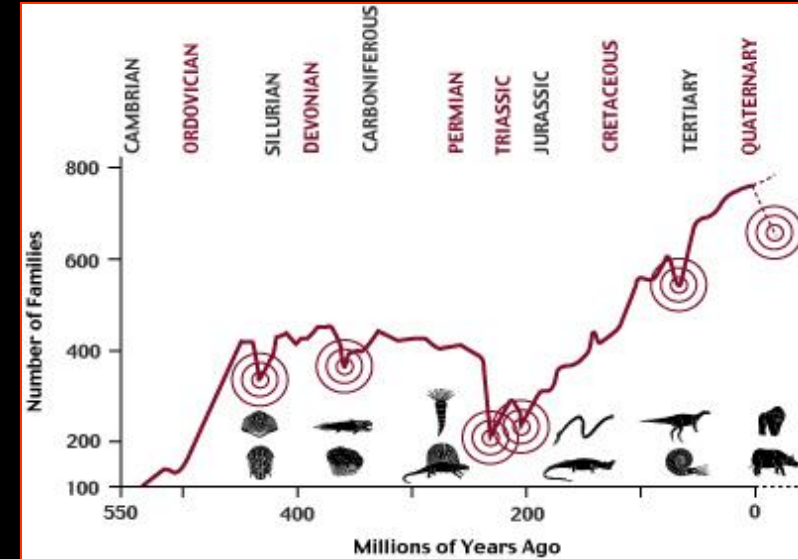
# Crateras de impacto

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.



# Crateras de impacto

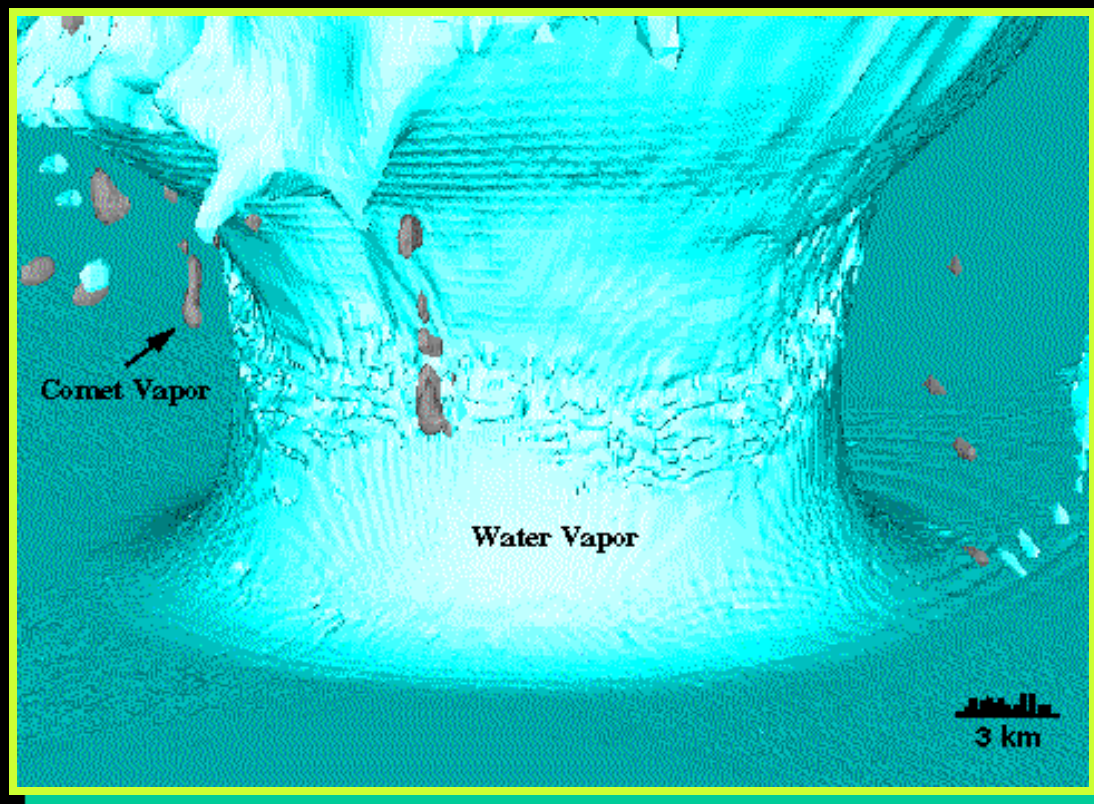
A dissipação instantânea da energia cinética provoca o efeito da explosão.

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

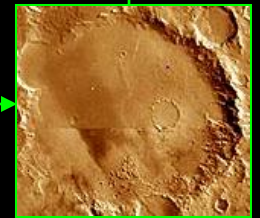
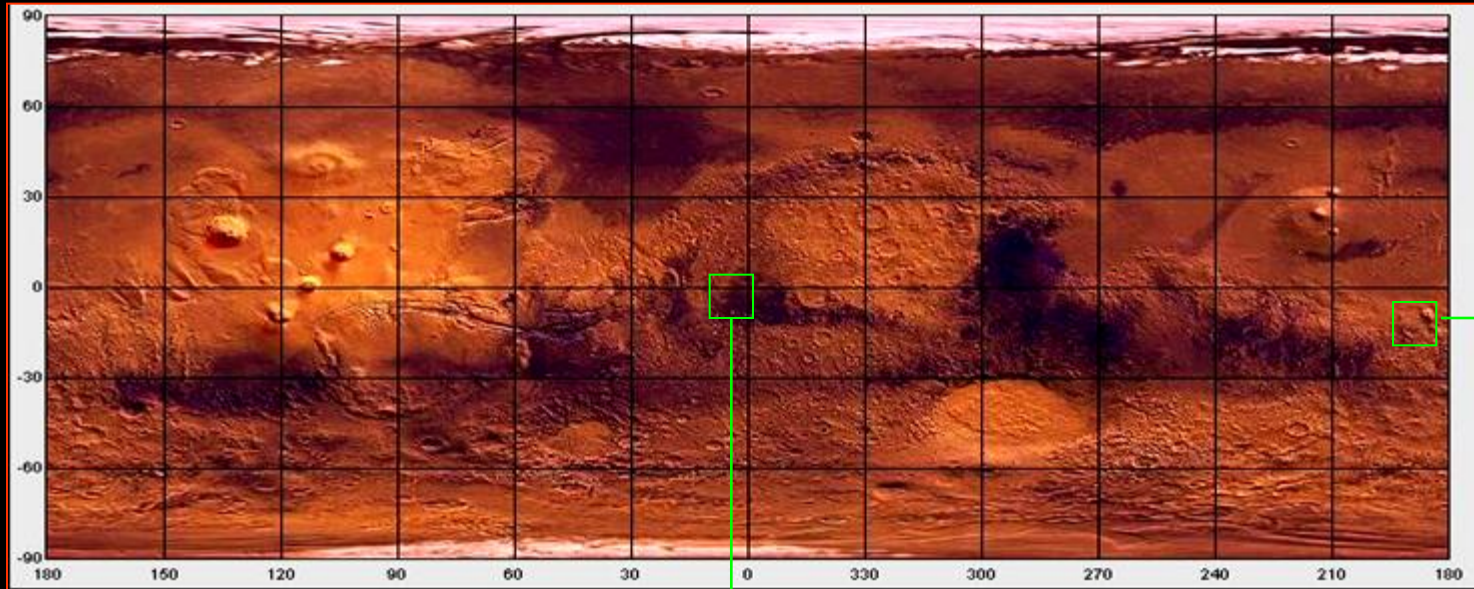
Ao lado uma simulação de um impacto de grandes proporções no mar. A altura do jato de água lançada ao ar pode ultrapassar o teto de circulação dos vãos civis. O Tsumani decorrente atinge proporções jamais vistas.

## Energia Cinética

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

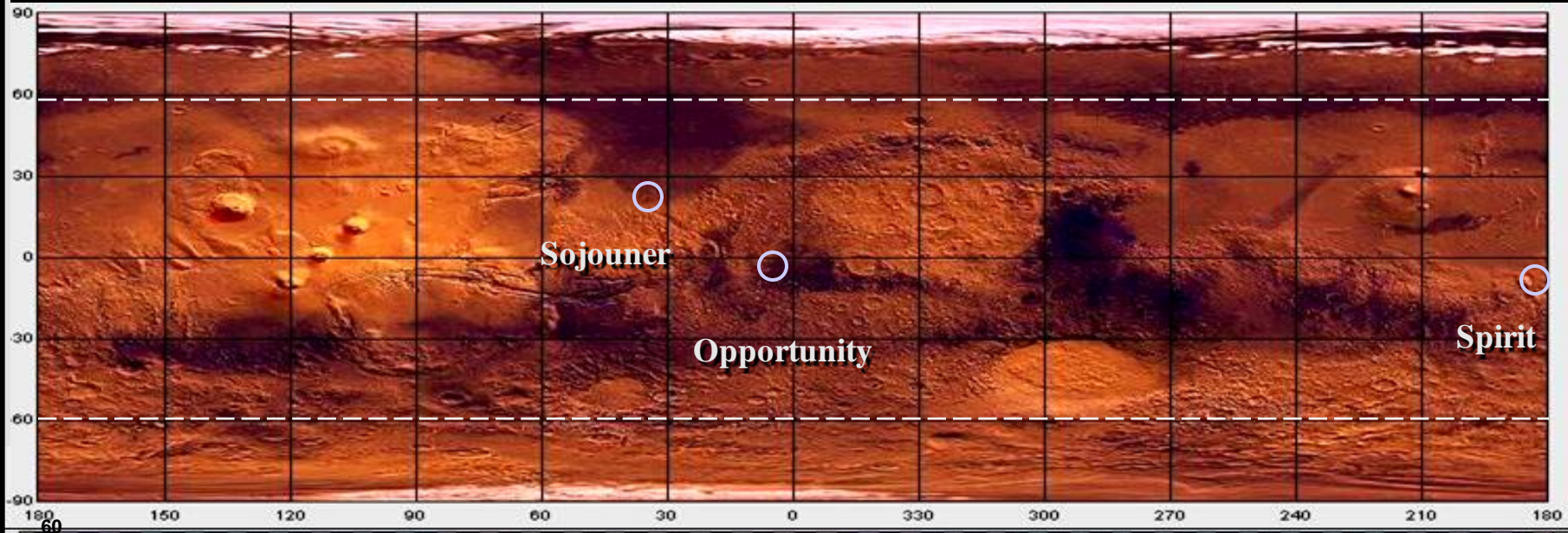


# Superfície planetária: Marte

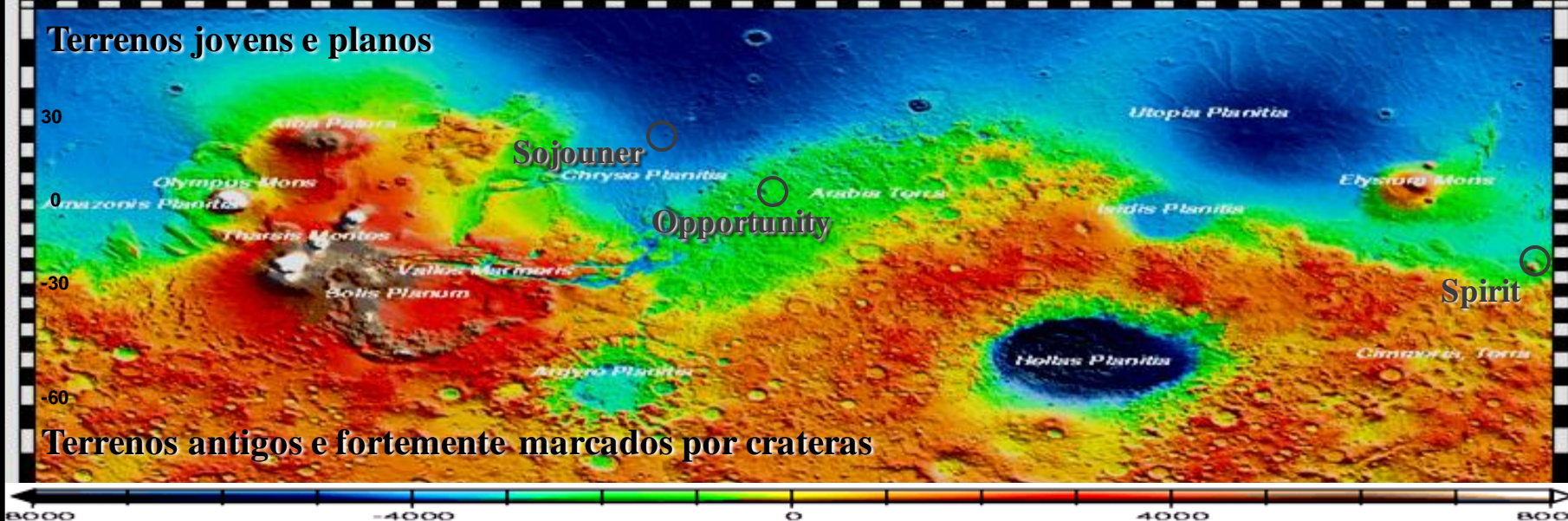




# Superfície planetária: Marte



Terrenos jovens e planos

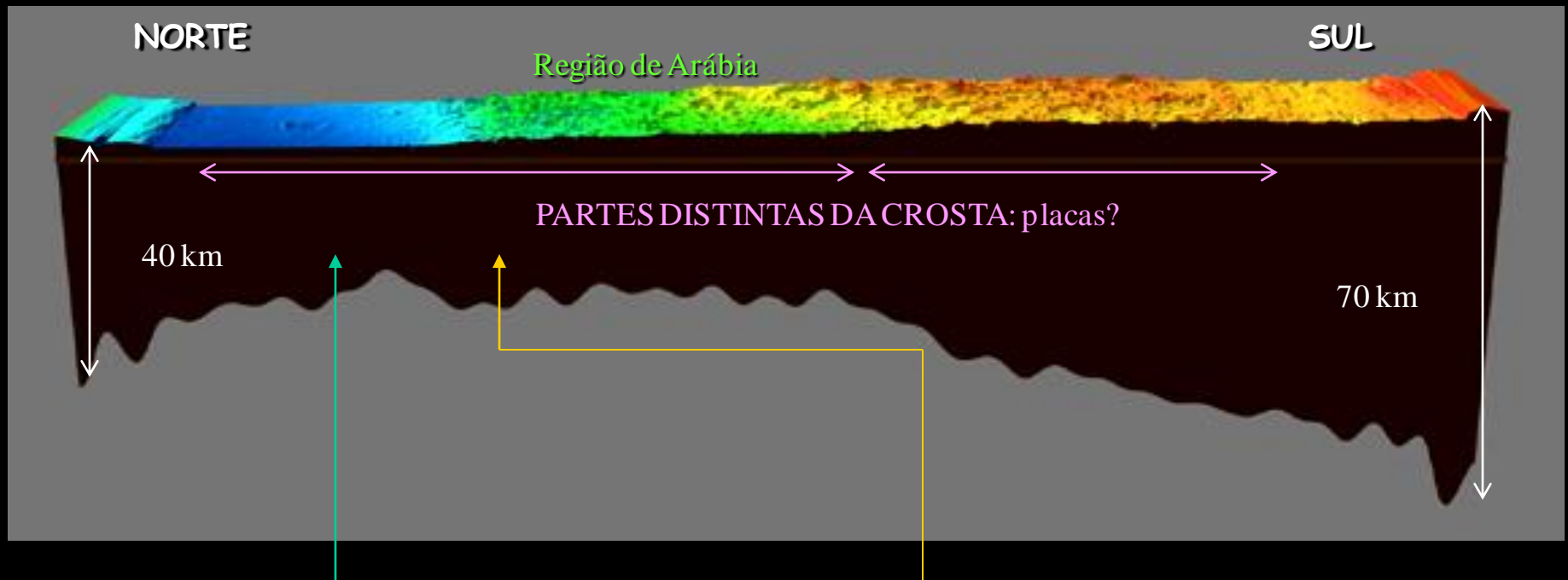


Terrenos antigos e fortemente marcados por crateras

Topografia (m)

# Superfície planetária: Marte

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

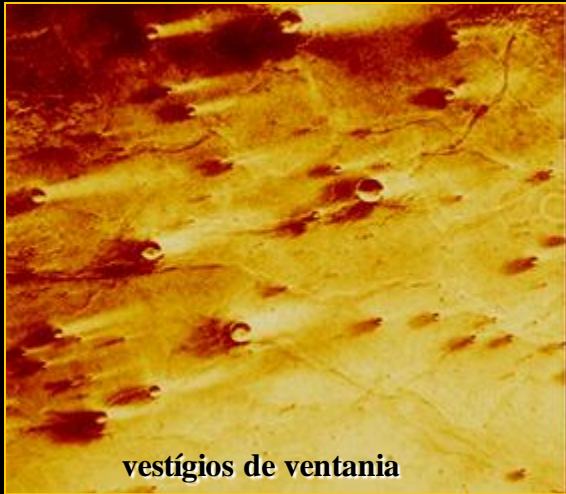


Dados de topologia e gravidade indicam que a região baixa nas terras do norte sejam zonas de fluxo de calor elevado ocorrido nos primórdios da história marciana, refletindo convecção vigorosa do interior. A perda rápida de calor pode ter provocado a liberação de gases aprisionados no interior do planeta 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.

# Superfície planetária: Marte



**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

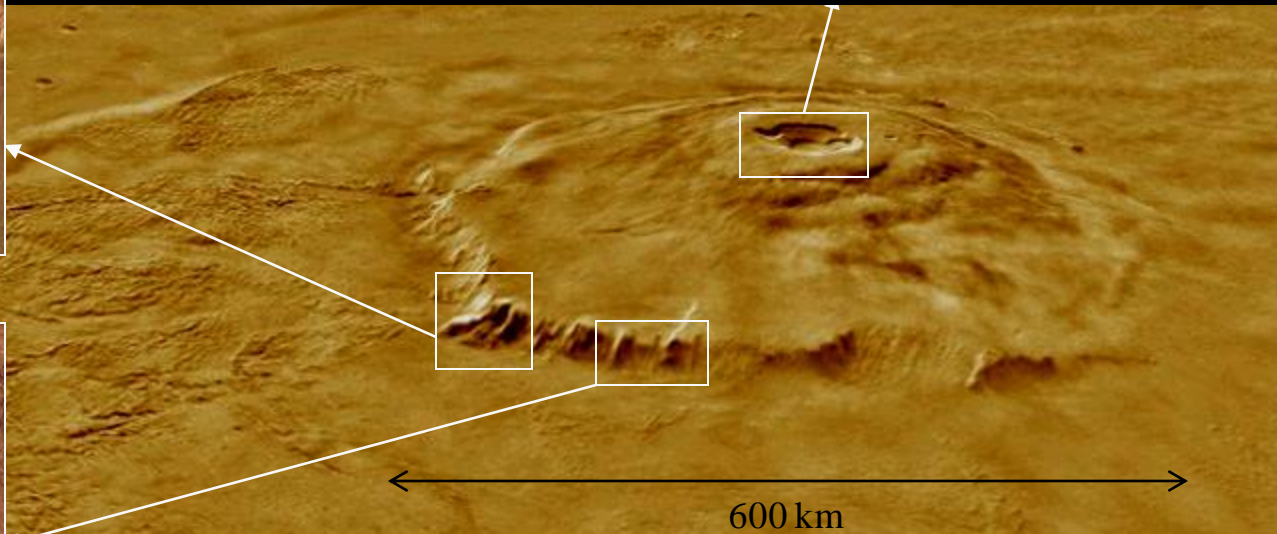
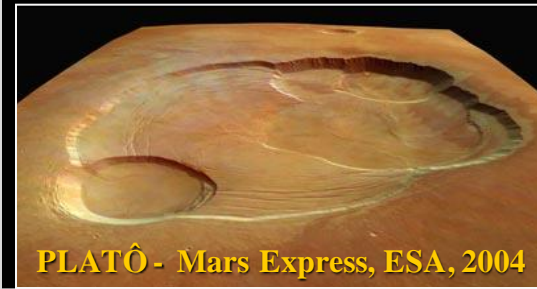
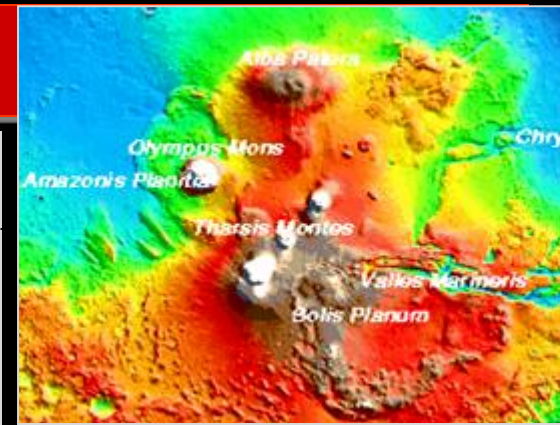
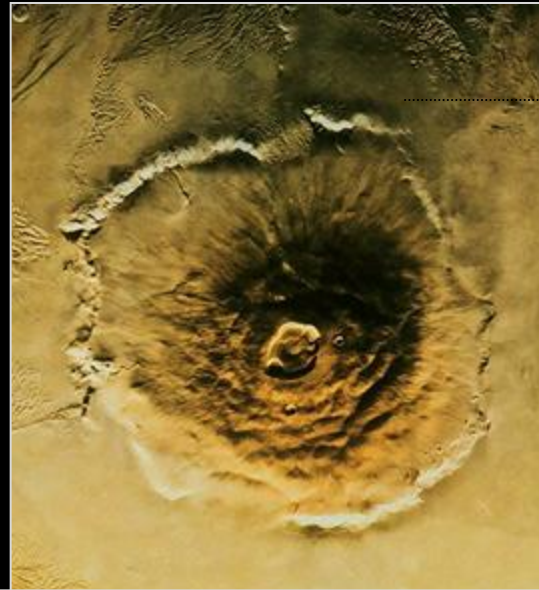


# Superfície planetária: Marte

## MONTE OLIMPO

- o maior vulcão (extinto) do Sistema Solar
- altura: 27 km

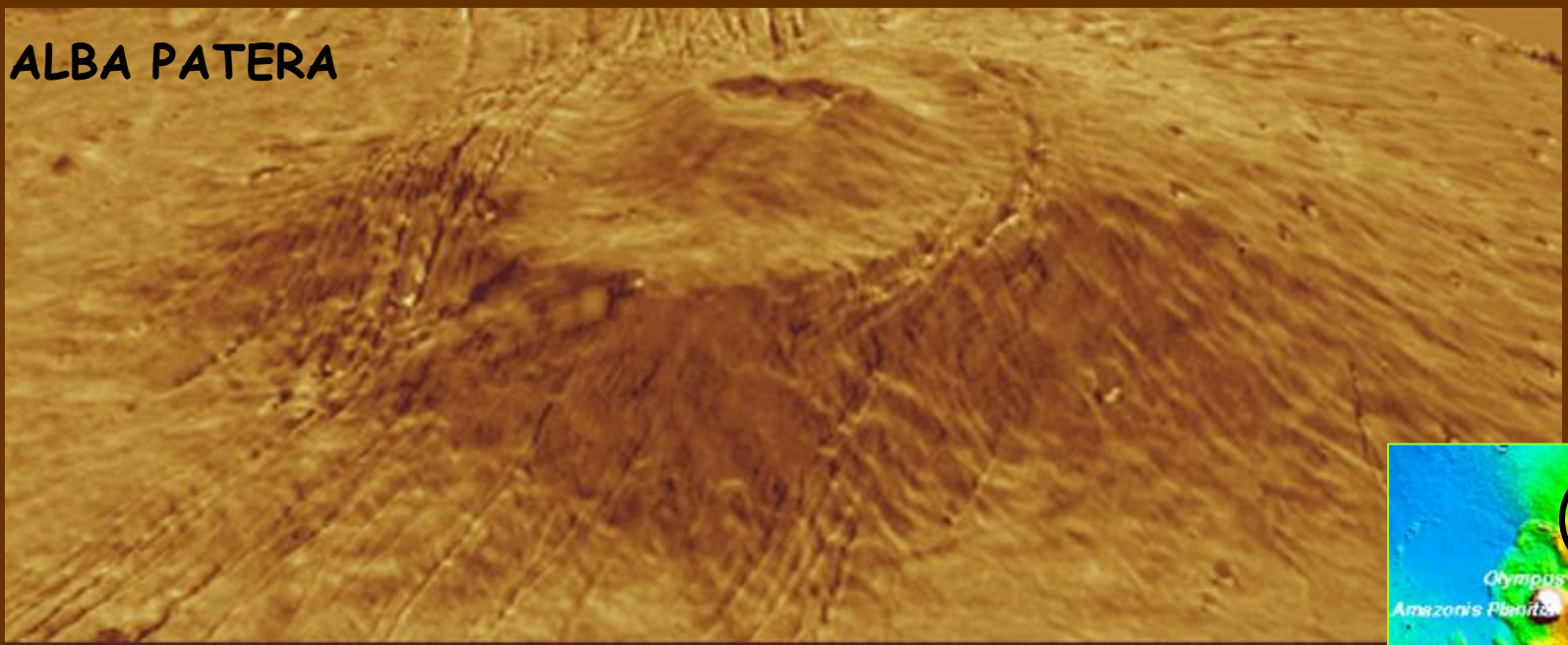
A história do vulcanismo marciano parece ser mais ativa que a de muitos planetas.



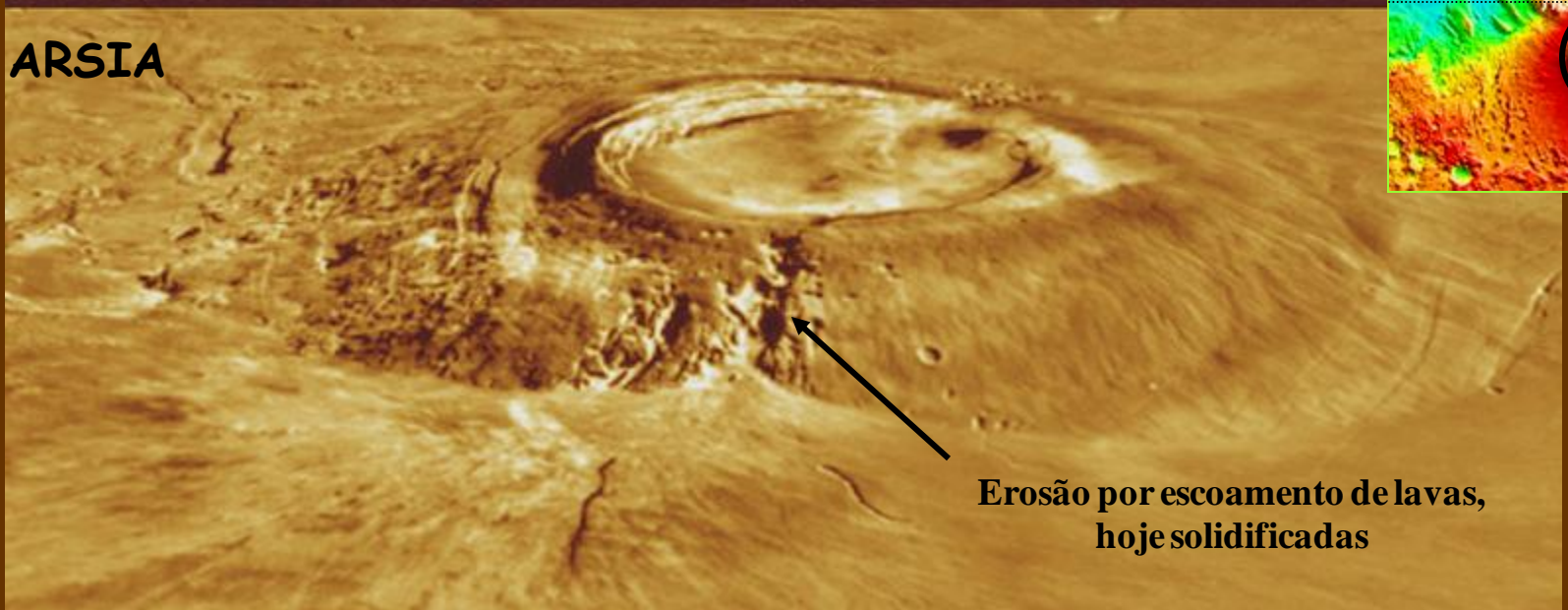
Fluxos de lavas de diferentes idades, mostram que as erupções ocorreram por longo período (centenas de milhões de anos).

# Superfície planetária: Marte

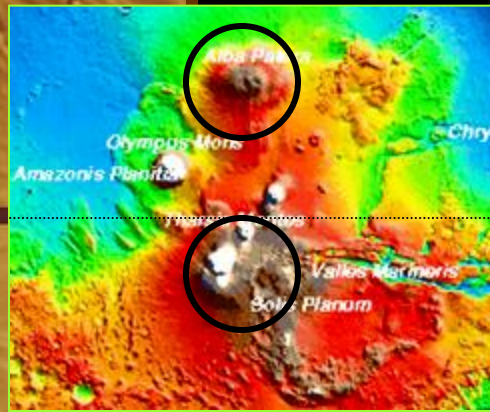
ALBA PATERA



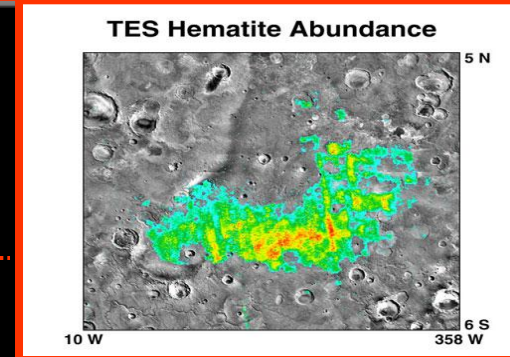
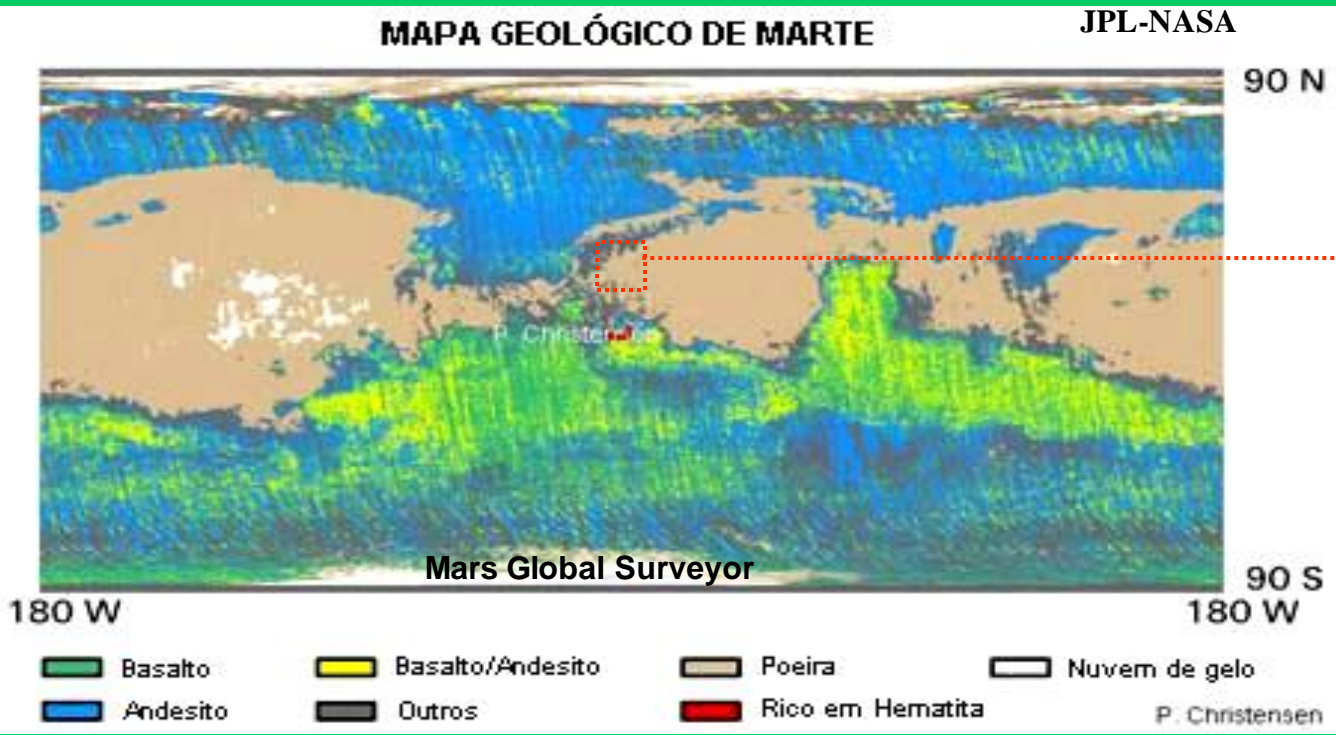
ARSIA



Erosão por escoamento de lavas,  
hoje solidificadas



# Superfície planetária: Marte - à procura da água



**Hematita:** tipo de óxido de ferro. Em forma de grãos finos, ajuda a dar cor avermelhada à Marte.

**Hematita cinza:** embora não esteja necessariamente associada à água é tida como mineral traçador de água. Depósitos de hematita cinza são figuras típicas de locais onde houve abundância de água; Yellowstone é um caso típico.

## **A hematita pode também resultar de atividade vulcânica.**

1. Os grãos de hematita são arredondados e cimentados, como se espera da ação de água líquida?
2. Ou são cristais que cresceram de lava vulcânica?
3. A hematita apresenta-se em camadas, por consequência de deposição por água acumulada?
4. Ou apresenta-se em veios rochosos, por decorrência de água fluindo através das rochas?

# Superfície planetária: Marte - à procura da água



Sol 27B Pre-RAT, Hole 2



Sol 35B Post-RAT, Hole 2

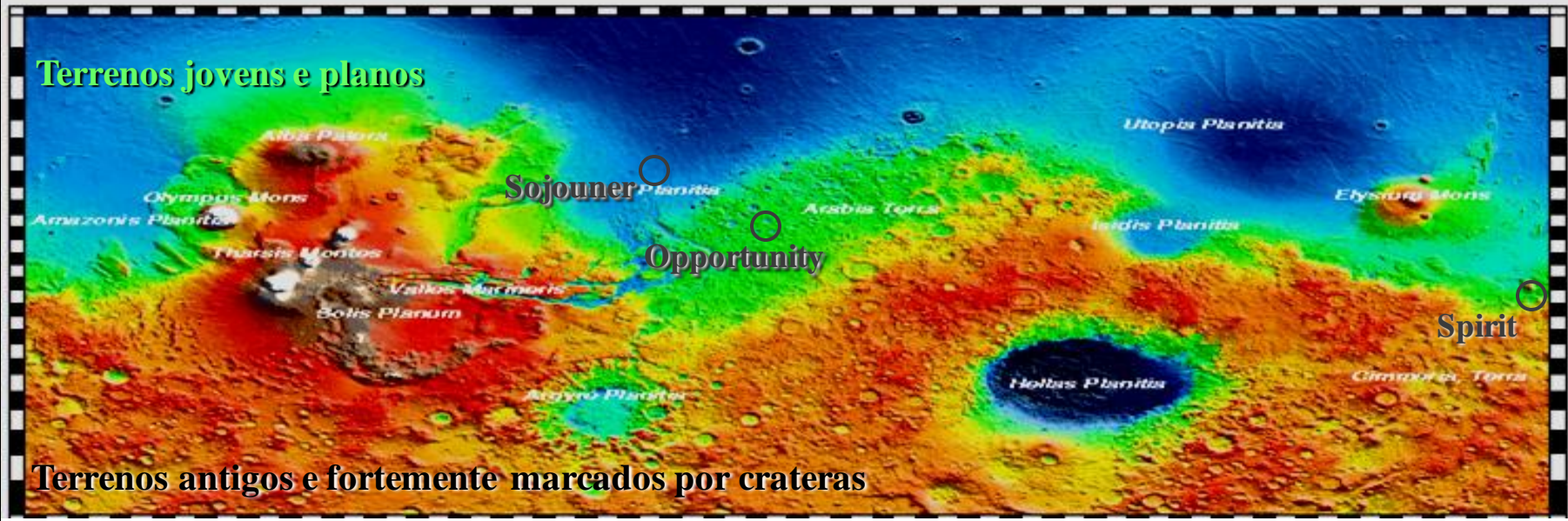
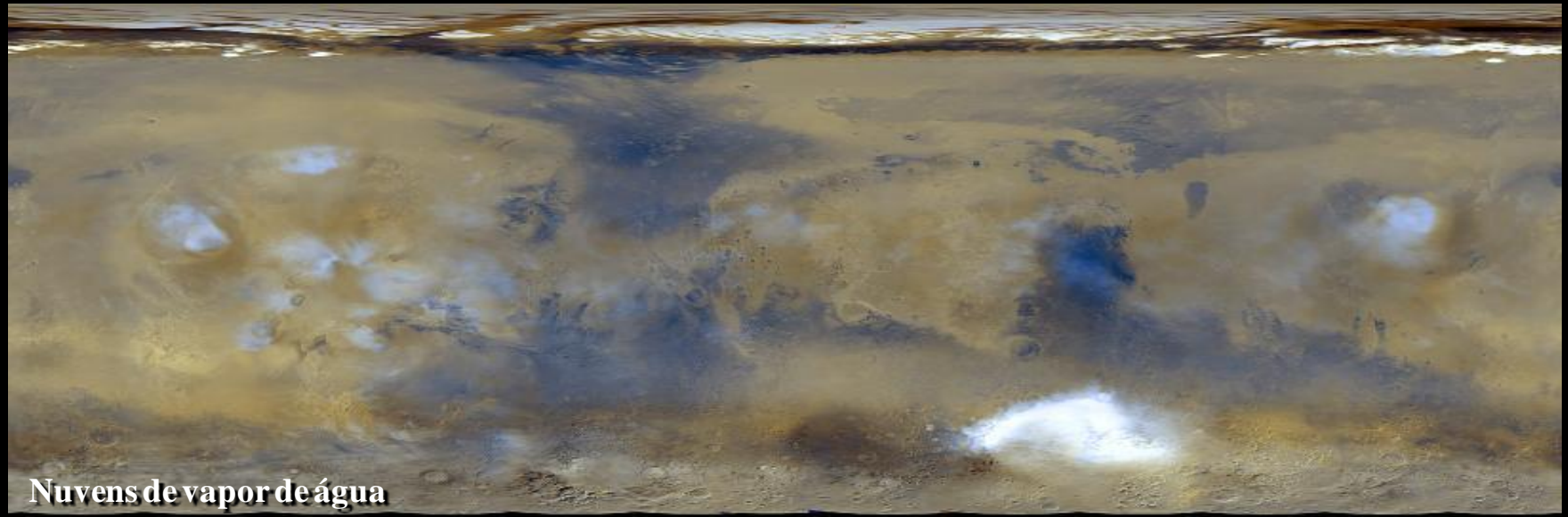
Opportunity, rocha "Guadalupe":

cor e espectro da poeira sugerem cristais finos de hematita vermelha

- Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): 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,  $\text{H}_2\text{O}$

Minério: nome específico para um mineral ou uma associação de minerais (rocha) que pode ser explorado economicamente.

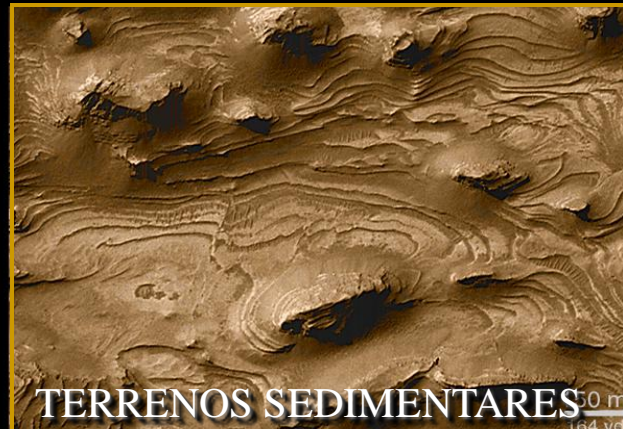
# Superfície planetária: Marte - à procura da água





# Superfície planetária: Marte - à procura da água

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



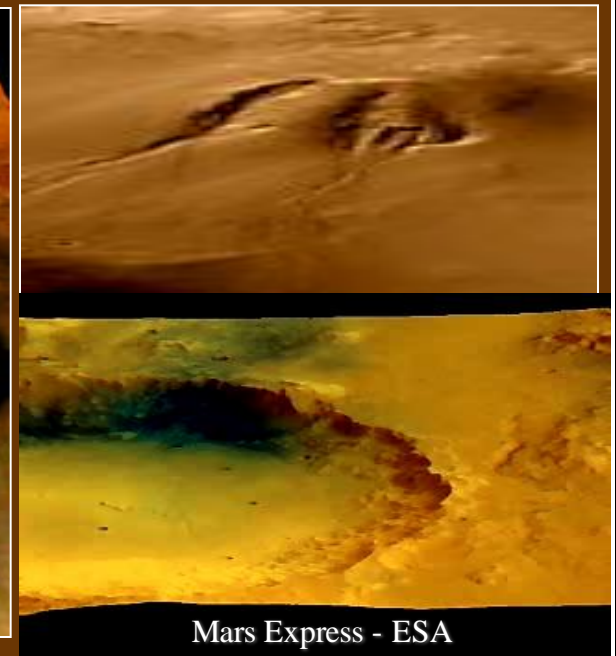
## Erosão Fluvial

**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



# Superfície planetária: Marte - à procura da água

**Permafrost:** solo permanentemente congelado.  
Na Terra eles aparecem nas regiões árticas e proximidades.

Um impacto de grandes proporções pode liquefazer o permafrost e provocar a liberação da água subterrânea, provocando erosão fluvial também de grandes proporções.

Vento: principal processo de modelagem (eólica) da superfície

## HISTÓRIA DA ÁGUA EM MARTE

(HÁ BILHÕES DE ANOS)



4,0

3,8

3,5

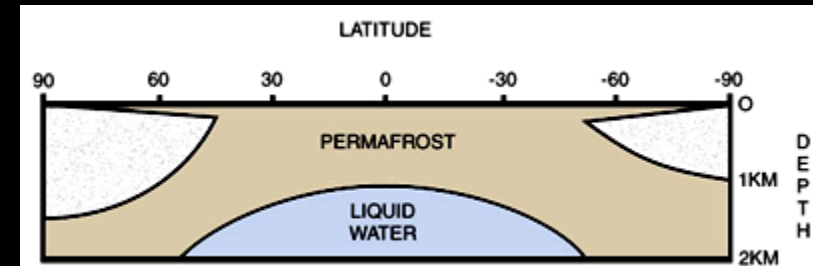
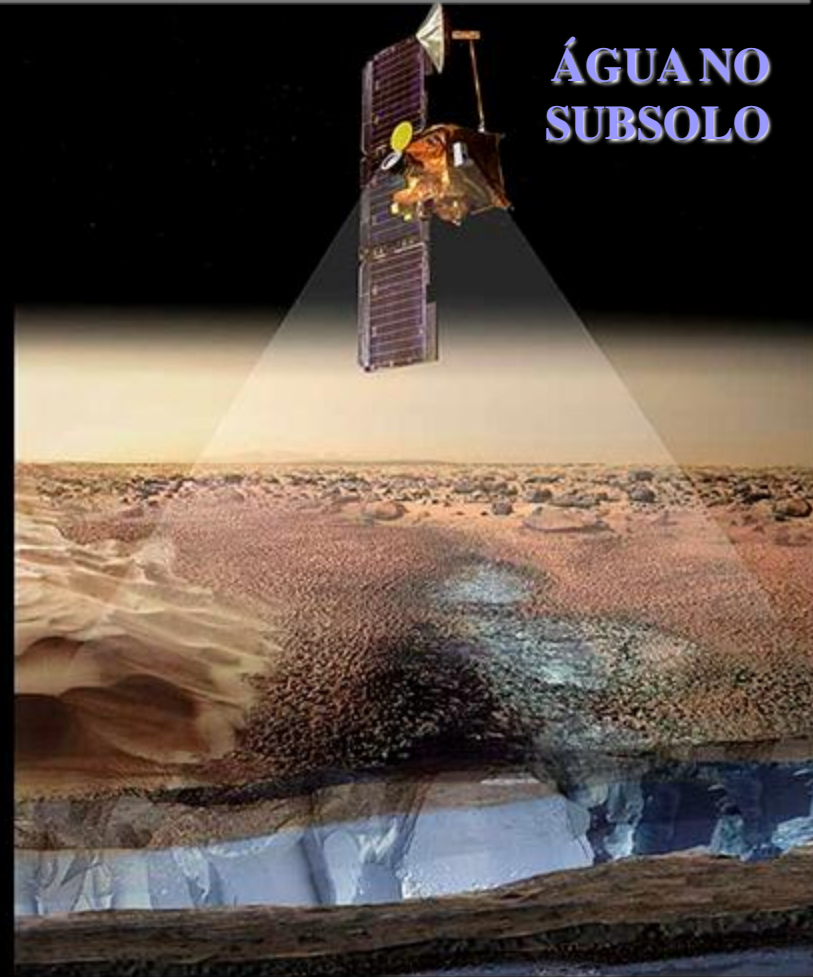


2,0

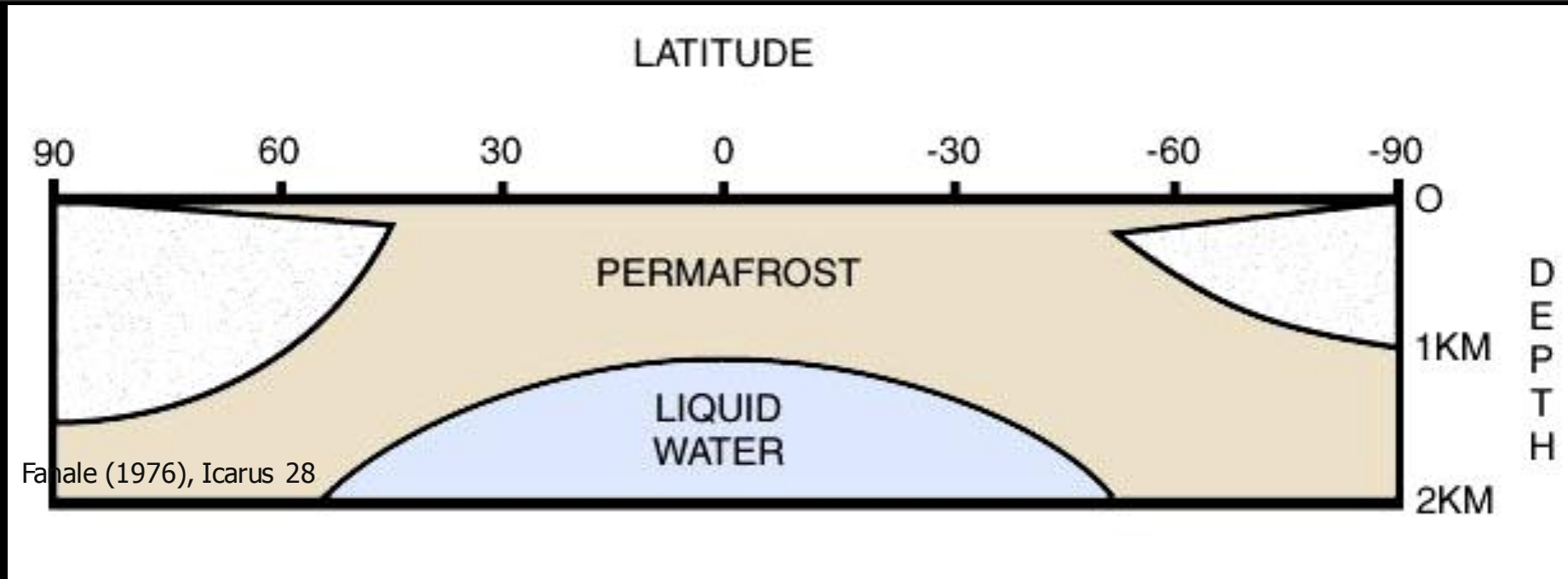
1,0

AGORA

ÁGUA NO  
SUBSOLO



# Superfície planetária: Marte - à procura da água



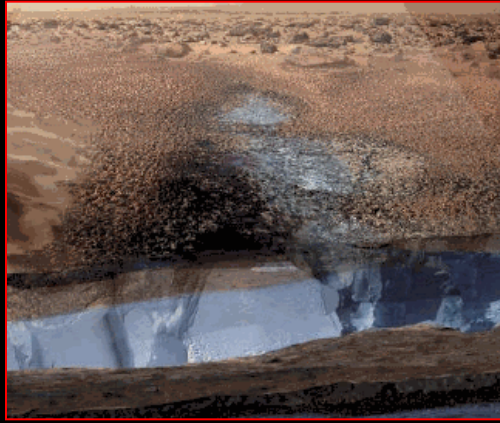
## O RESERVATÓRIO DO SUBSOLO

**Permafrost:** solo permanentemente congelado. Na Terra eles aparecem nas regiões árticas e proximidades.

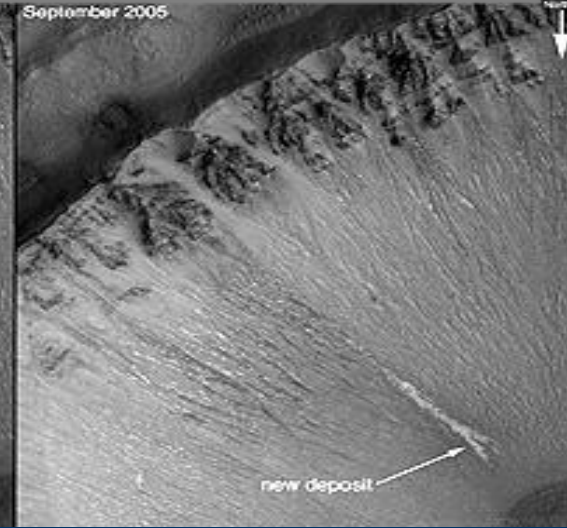
Um impacto de grandes proporções pode liquefazer o permafrost e provocar a liberação da água subterrânea, provocando erosão fluvial também de grandes proporções.

**Vento:** principal processo de modelagem (eólica) da superfície

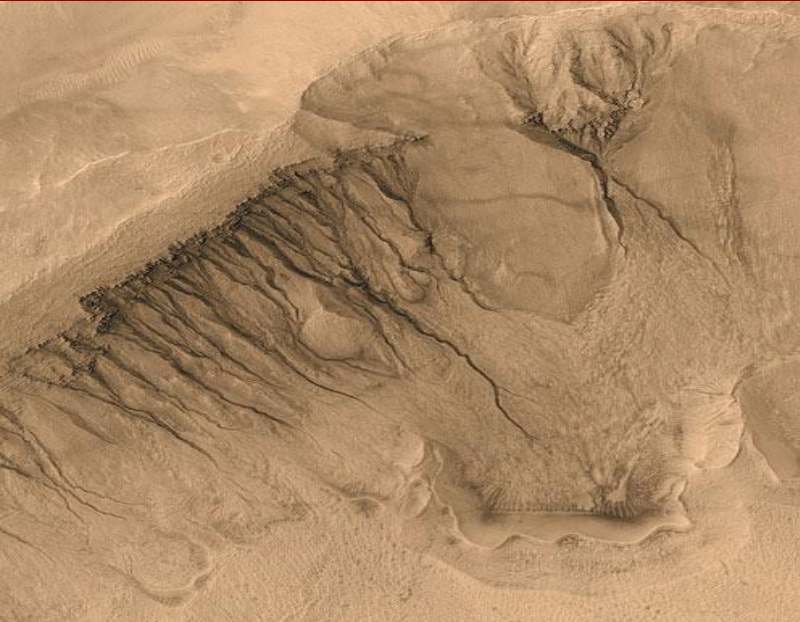
# Superfície planetária: Marte - à procura da água



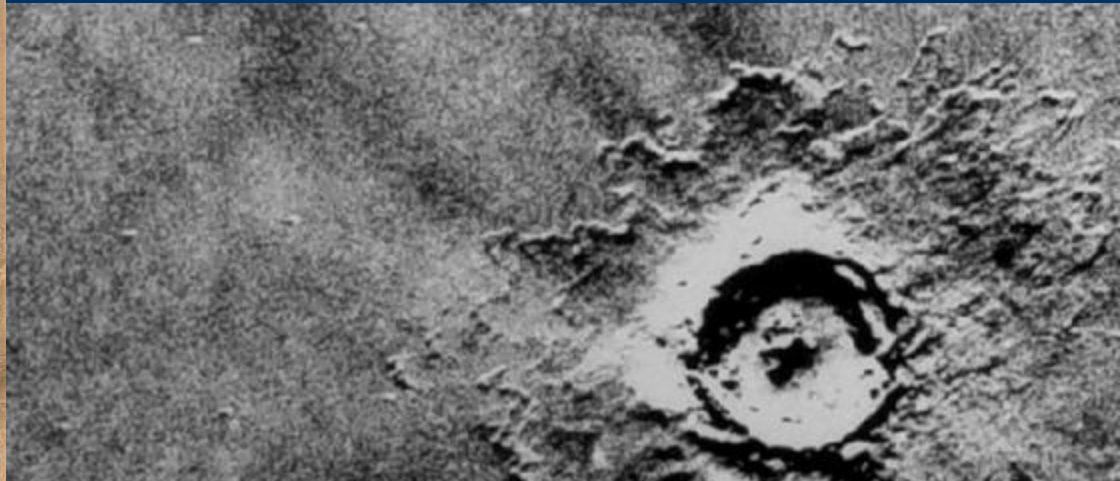
Newton Basin on Mars. Malin Space Science Systems, MGS, JPL, NASA



## Cratera jovem

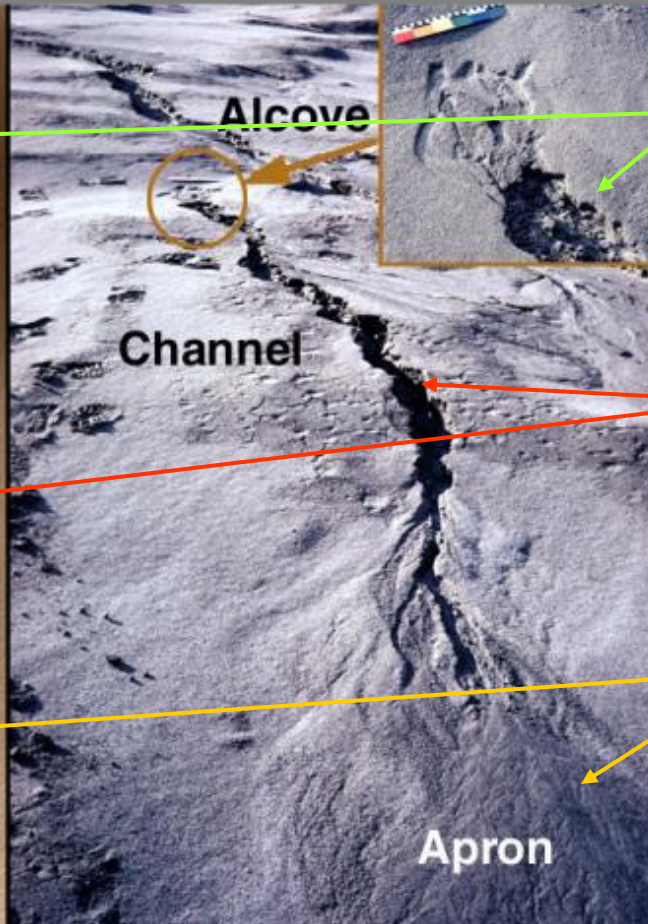
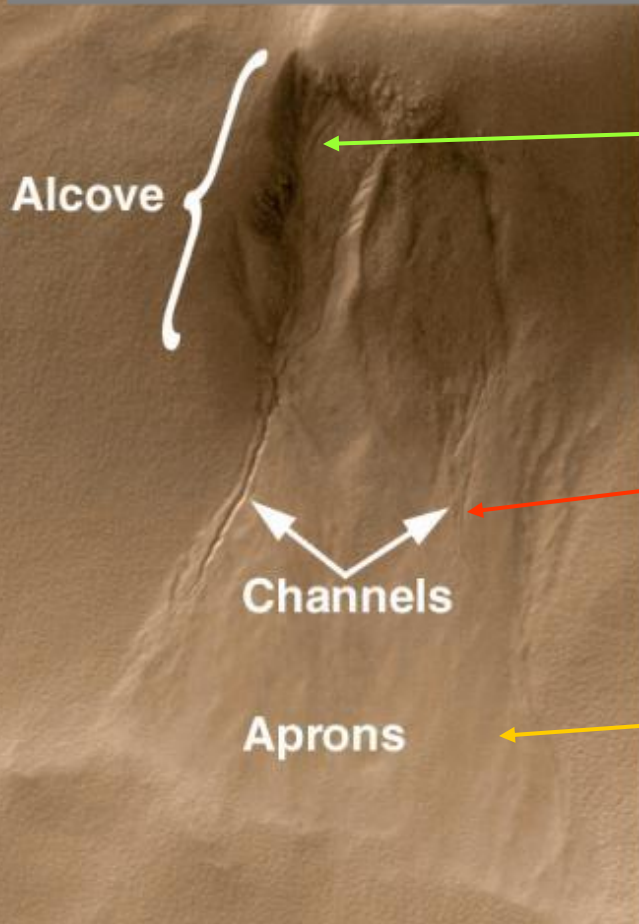


Água brota do sub-solo, escorre para a base e vaporiza?



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

# Superfície planetária: Marte - à procura da água



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

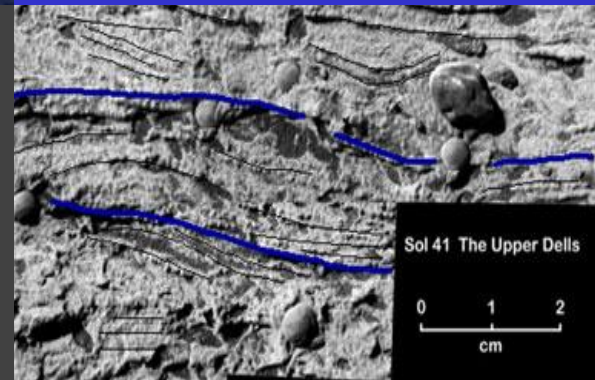
Sedimentos formados em água corrente?

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



# Superfície planetária: Marte - à procura da água



# Superfícies congeladas: Marte e Terra

Terra



Islândia

Marte



Cratera Gusev  
(SPIRIT)

# Superfície planetária: Marte - à procura da água



Leques fluviais



Leito seco em leque aluvial no norte do Chile





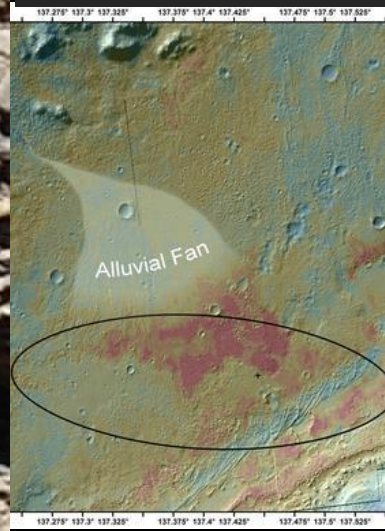
# Superfície planetária: Marte - à procura da água

## Mars Science Laboratory

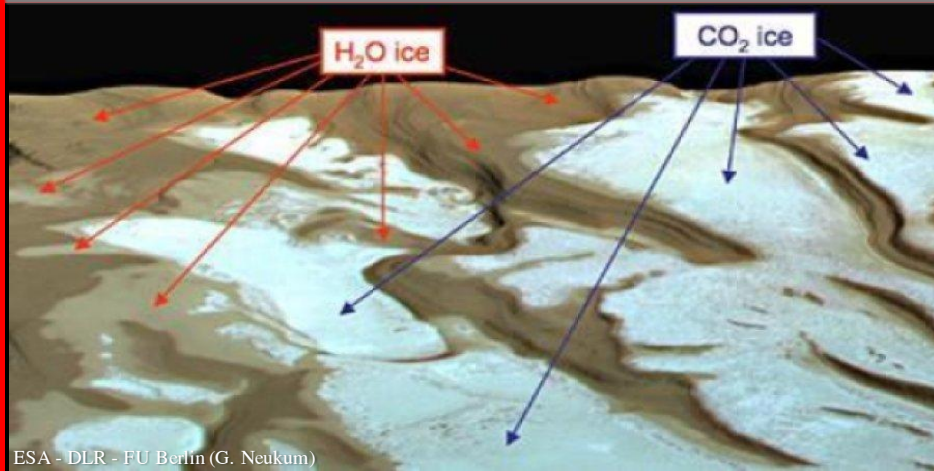
Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?



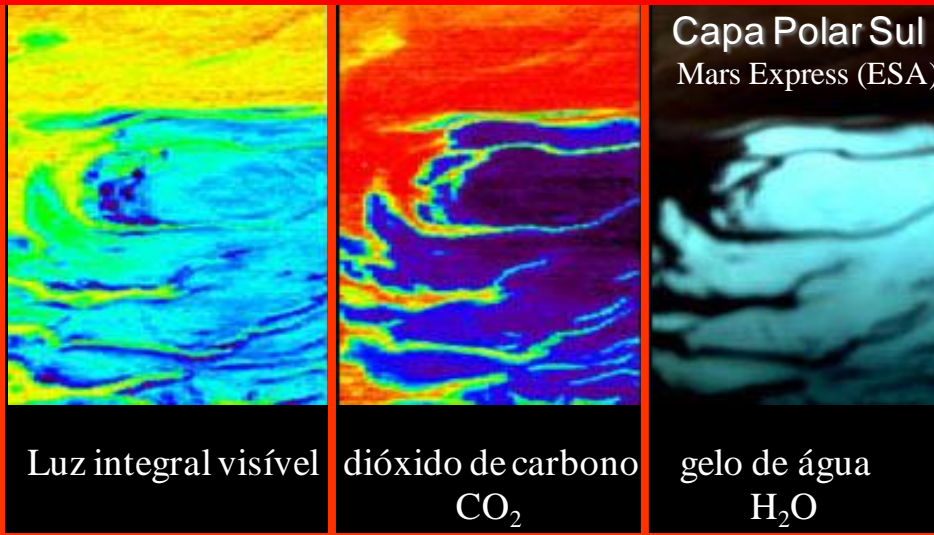
Pedregulhos produzidos por erosão fluvial (água). Erosão eólica (vento) atua apenas em grãos pequenos.



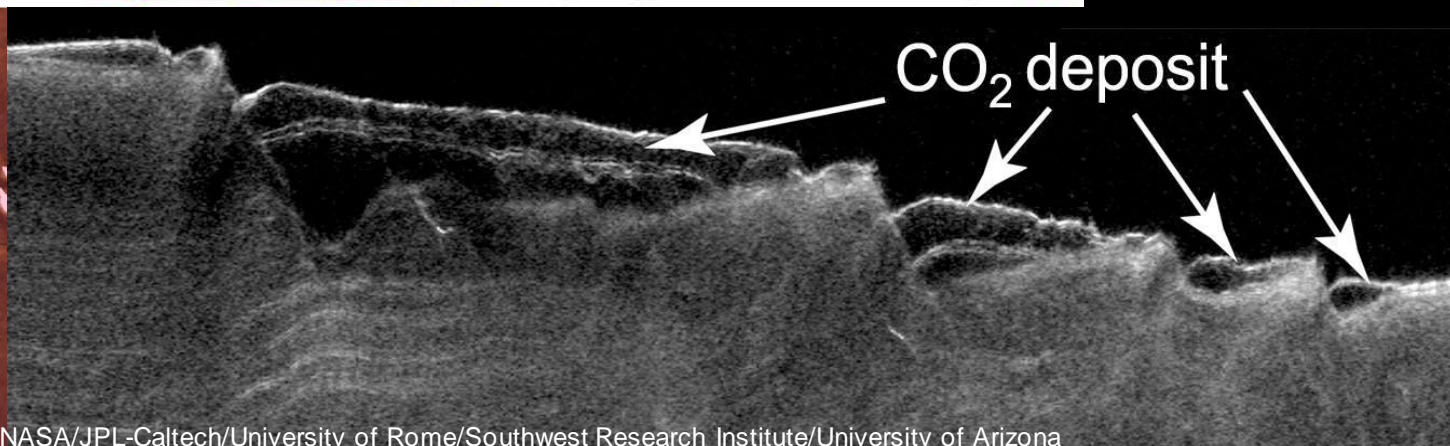
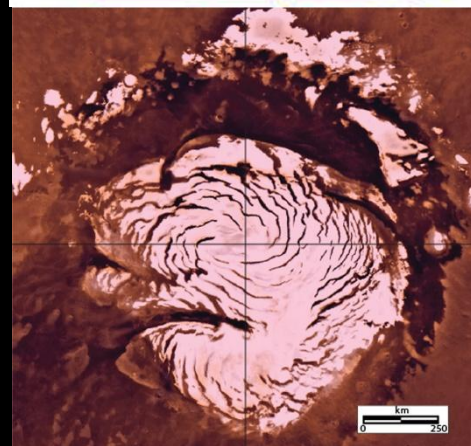
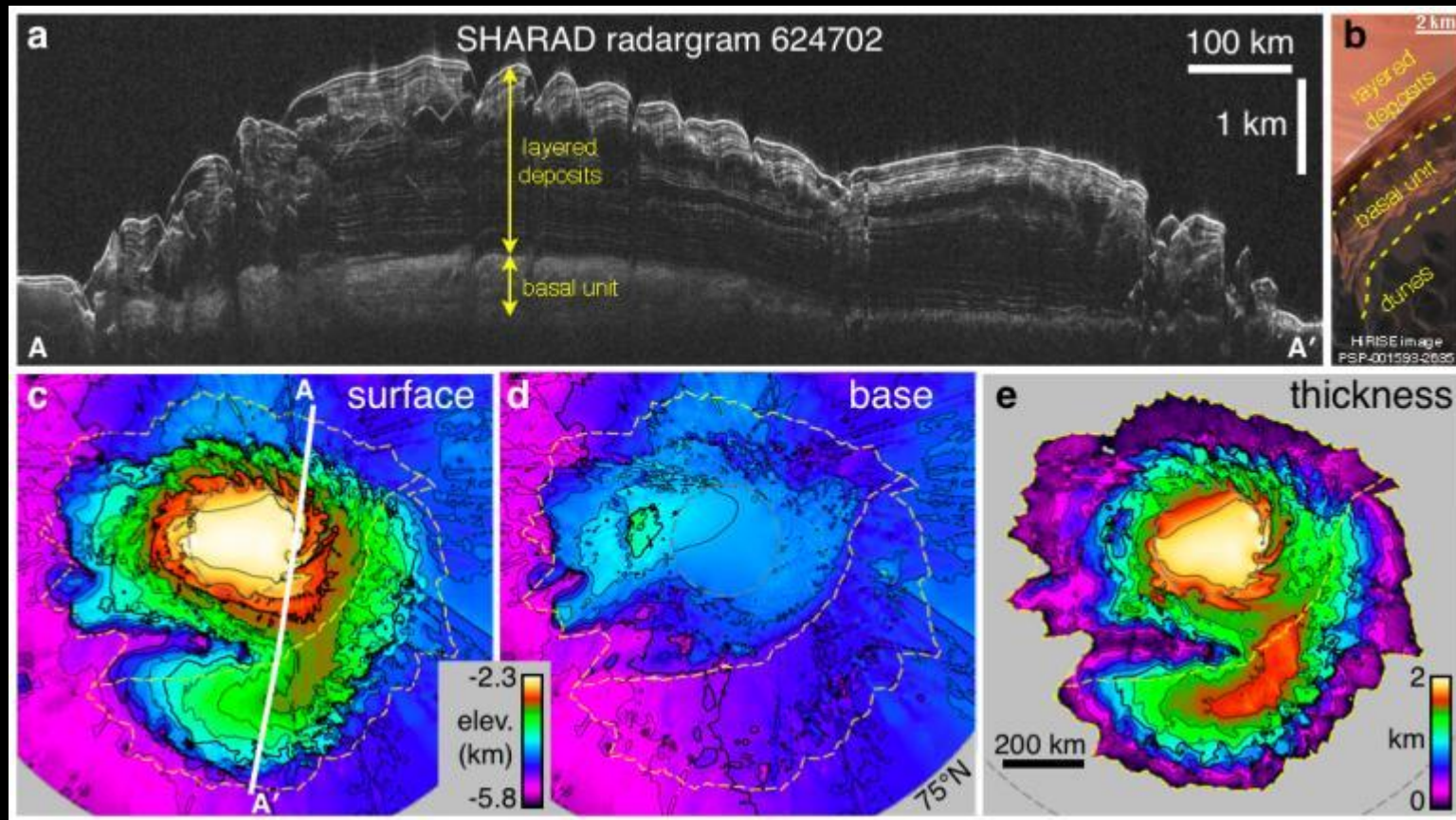
# Superfície planetária: Marte - à procura da água



ESA - DLR - FU Berlin (G. Neukum)

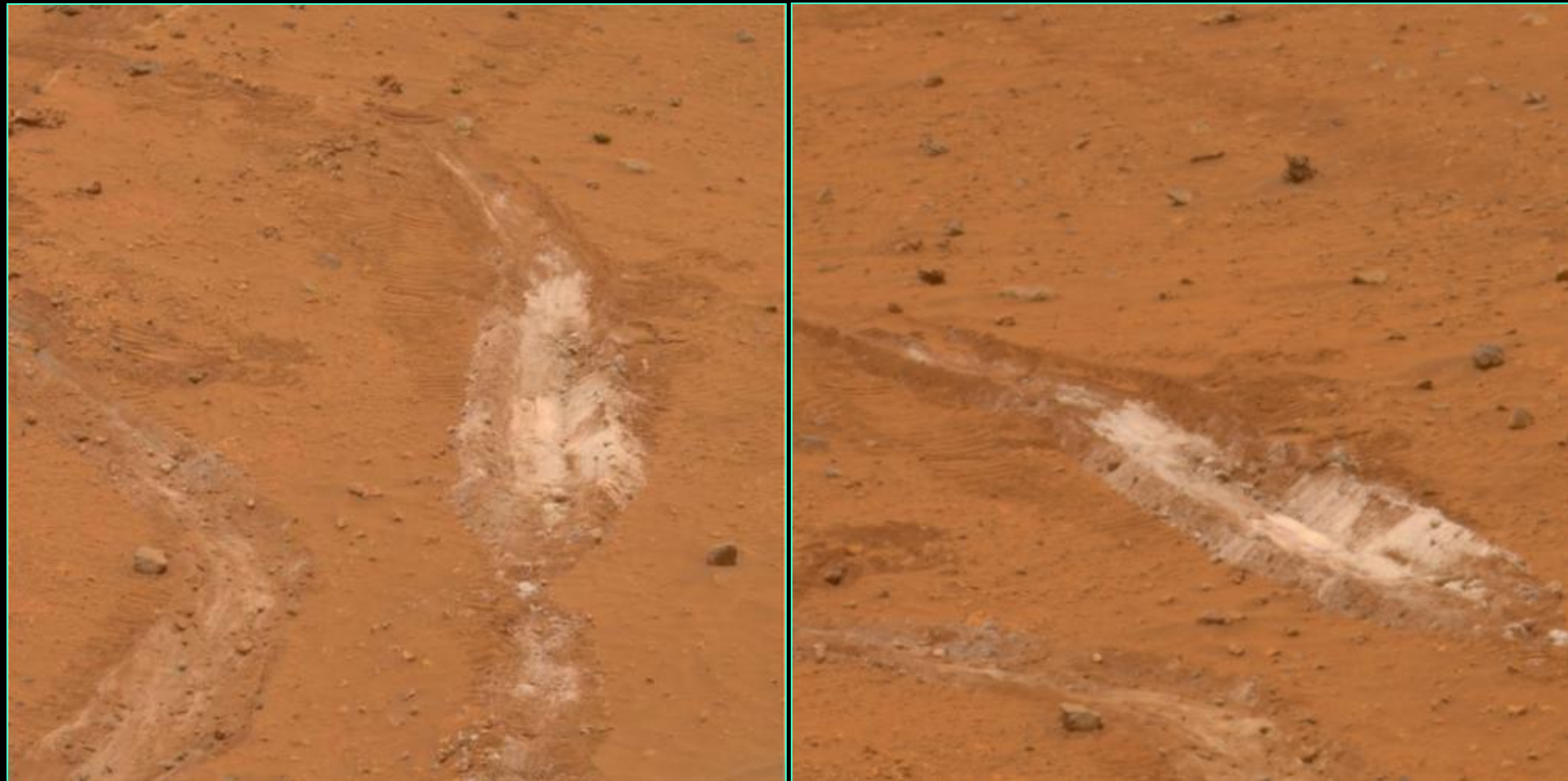


O fundo da cratera localizada na região Vastitas Borealis (70.5° N, 103° L), de 35 km de diâmetro e 2 km de profundidade está parcialmente coberta de gelo.



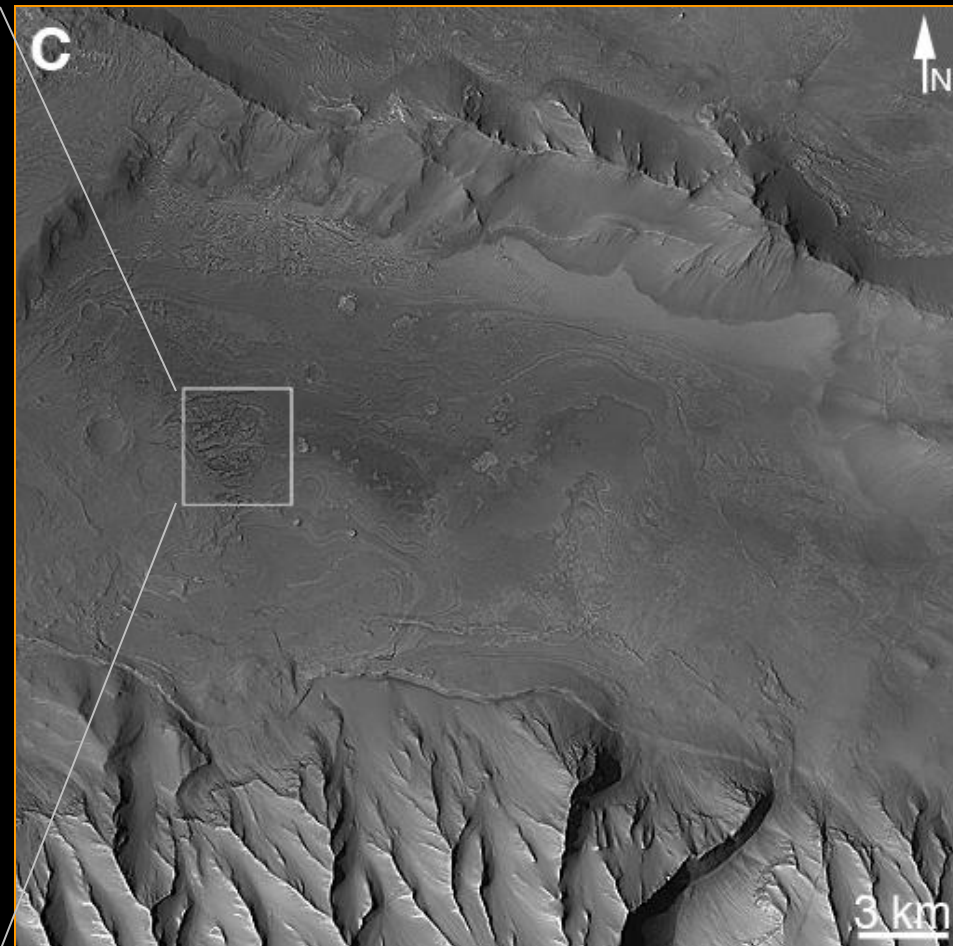
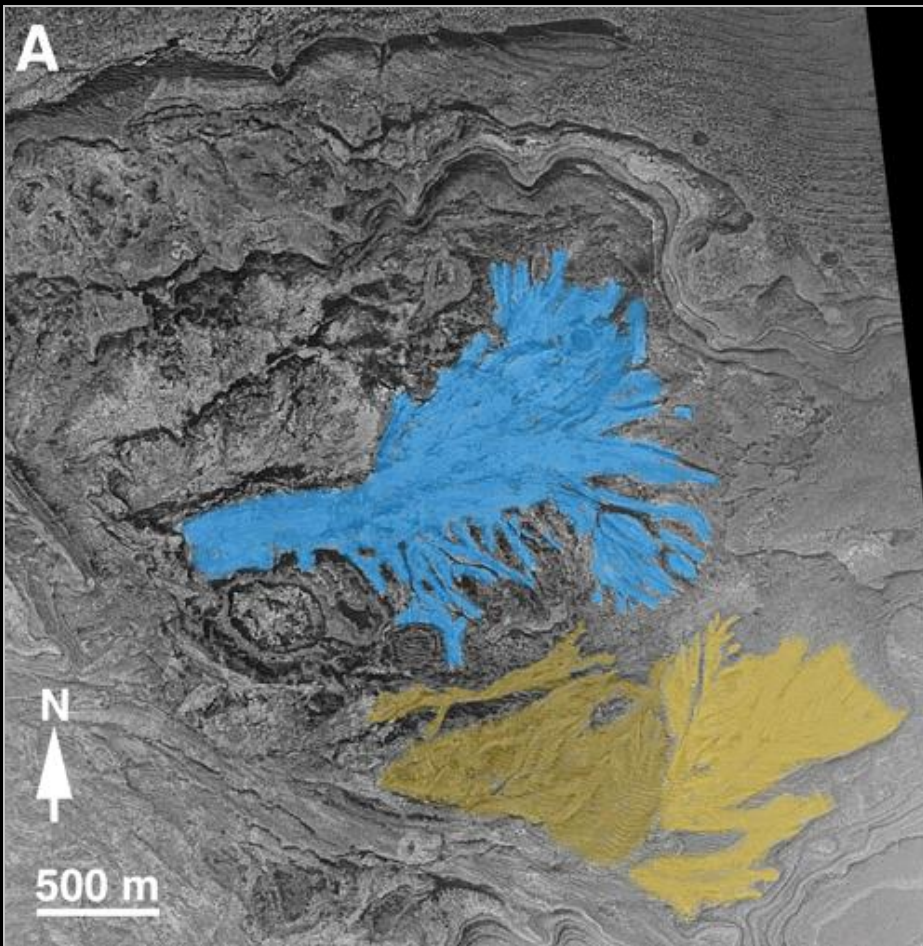
## Superfície planetária: Marte - à procura da água

**Cavando o subsolo, a sonda Spirit (NASA) expos material rico em sílica possivelmente formada por concentração de água (como costuma surgir na Terra).**

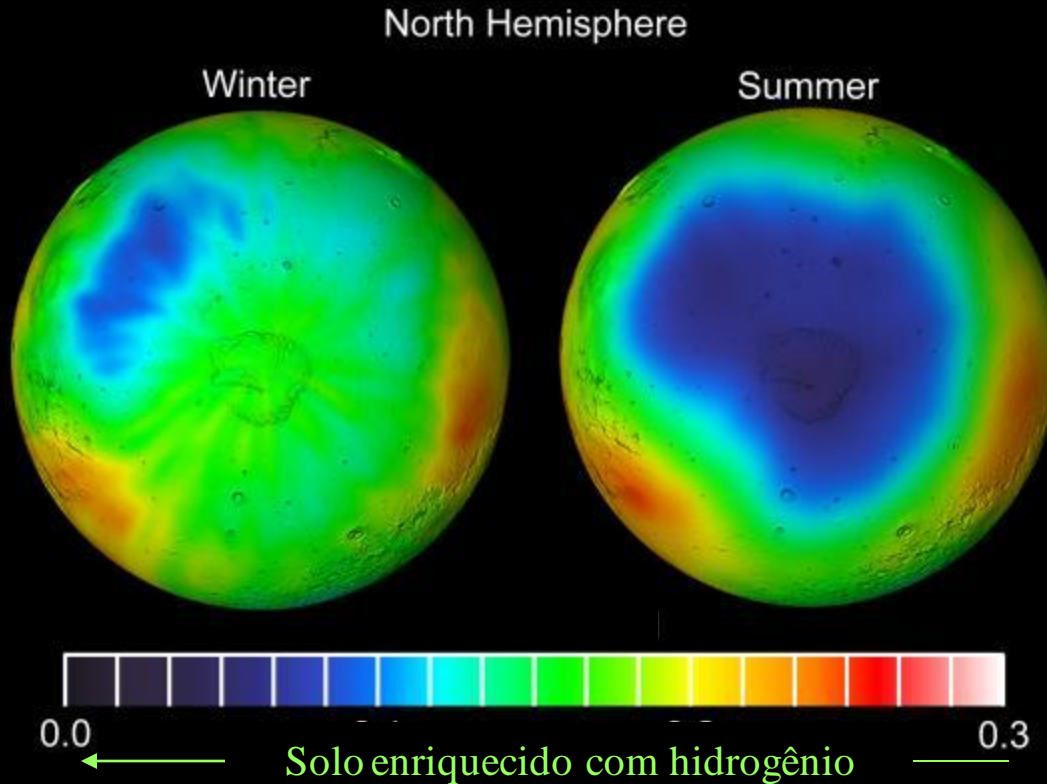


# Superfície planetária: Marte - à procura da água

**Erosão revela camadas de diferentes idades, as mais velhas estão no fundo da depressão. Vê-se dois depósitos de sedimentos no sopé de área montanhosa (leques aluviais) por água corrente, artificialmente colorido para destacar regiões.**



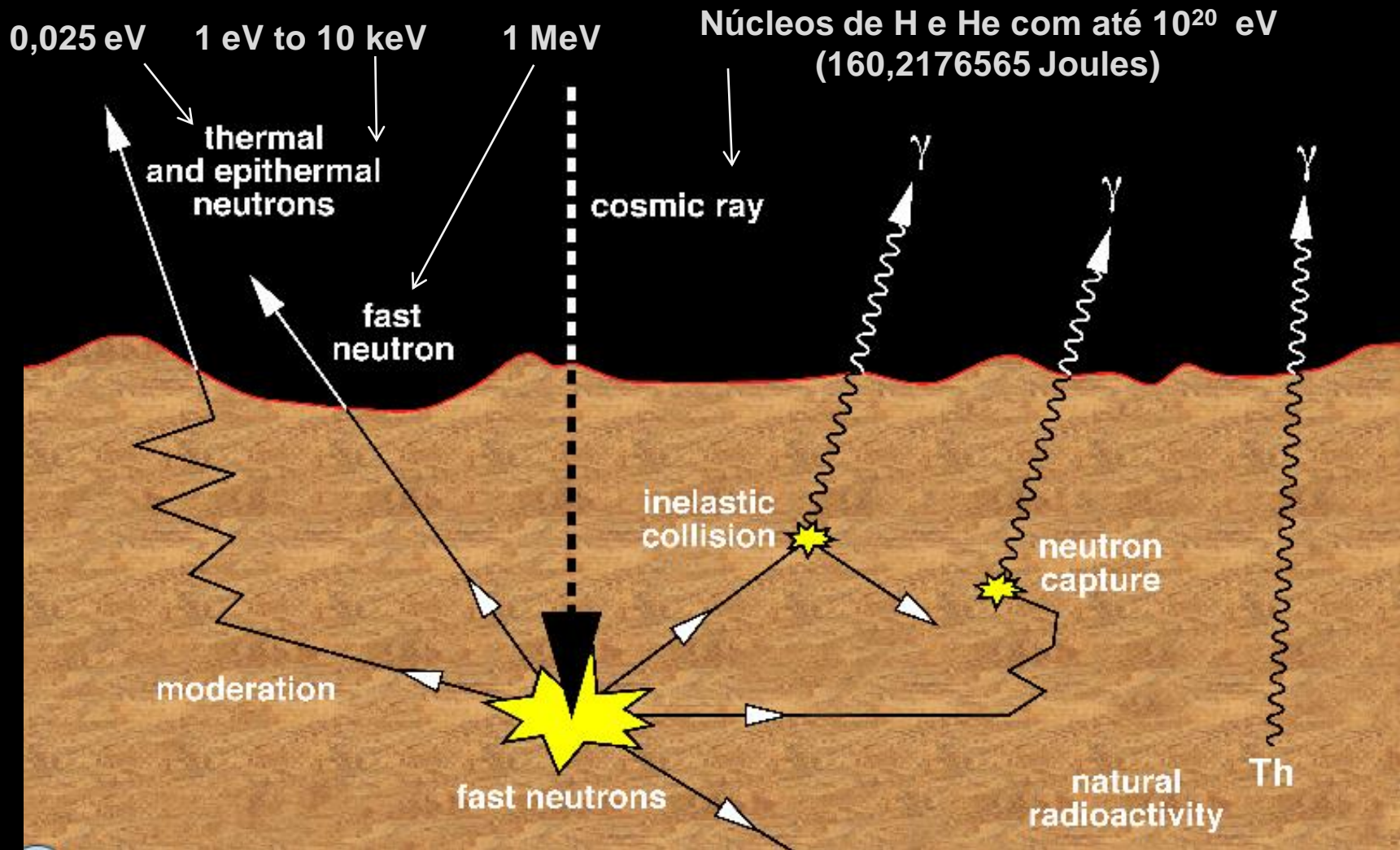
# Superfície planetária: Marte - à procura da água



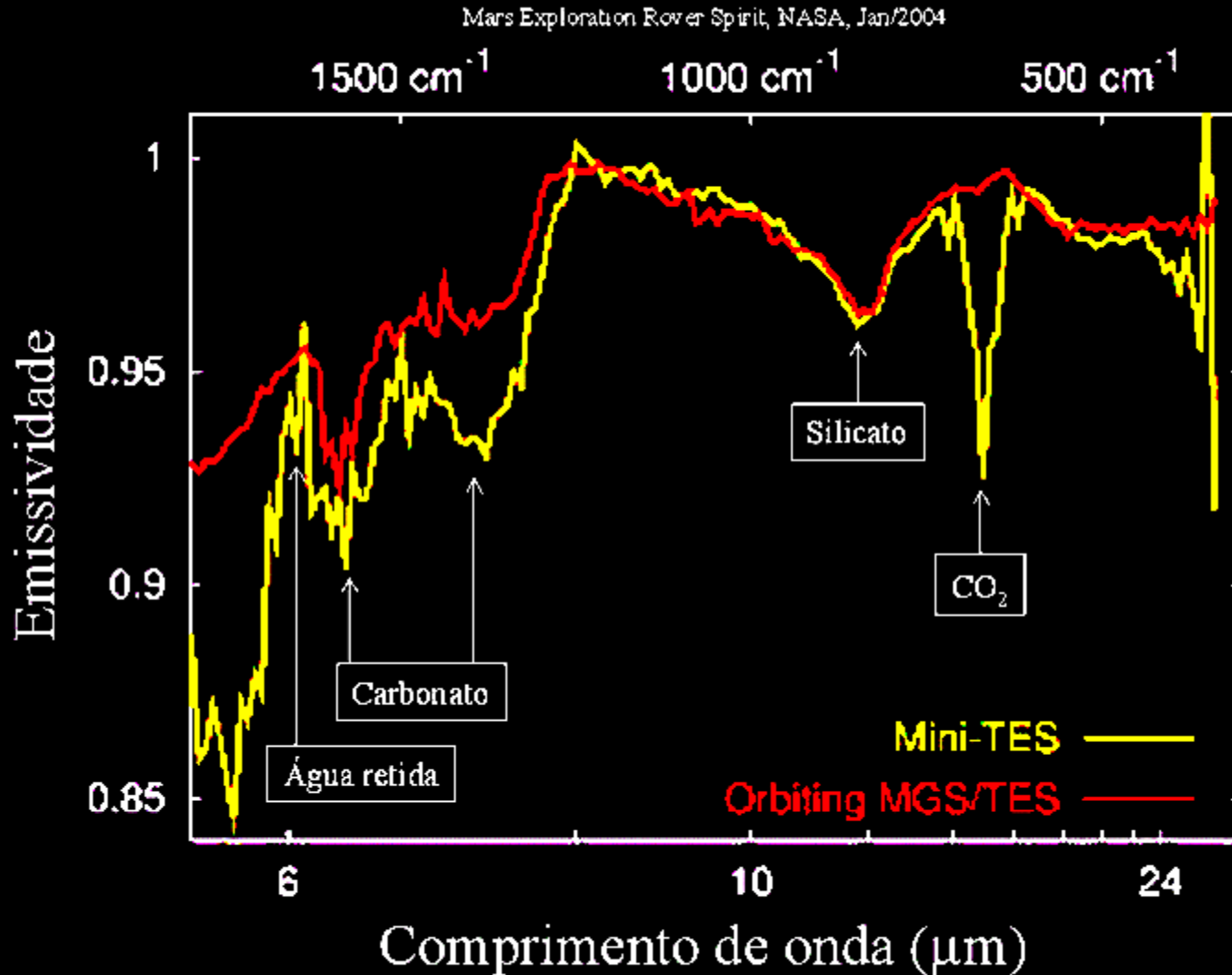
- Hidrogênio provavelmente na forma de gelo de  $H_2O$ .
- Em certas áreas, a abundância de  $H_2O$  pode chegar à 90% por volume.
- Inverno: a maior parte do hidrogênio está sob camada de gelo de  $CO_2$ .
- Verão: o hidrogênio é revelado com a vaporização do  $CO_2$ .

# Superfície planetária: Marte - à procura da água

## Nuclear Radiation from a Planetary Surface



# Superfície planetária: Marte - à procura da água



## Meteorito marciano ALH 84001



esferas (0,15mm)  
de carbonato

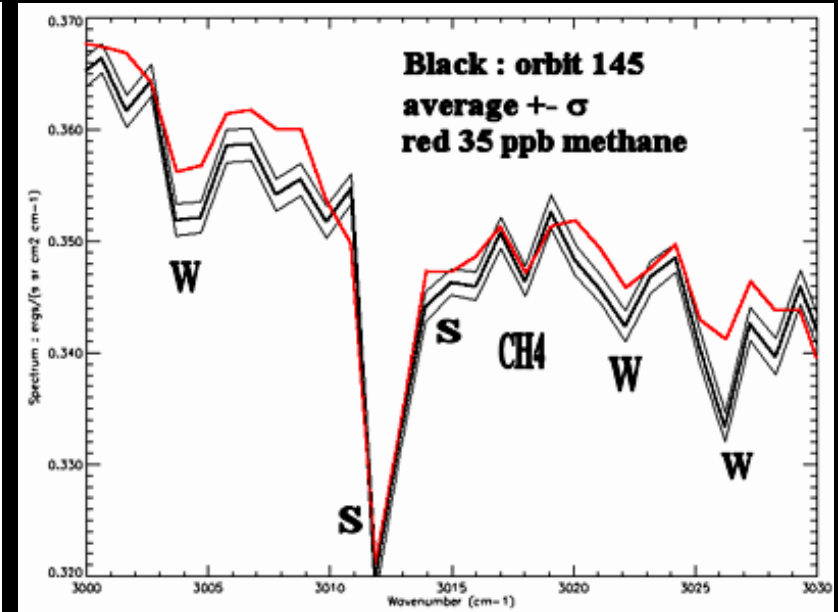
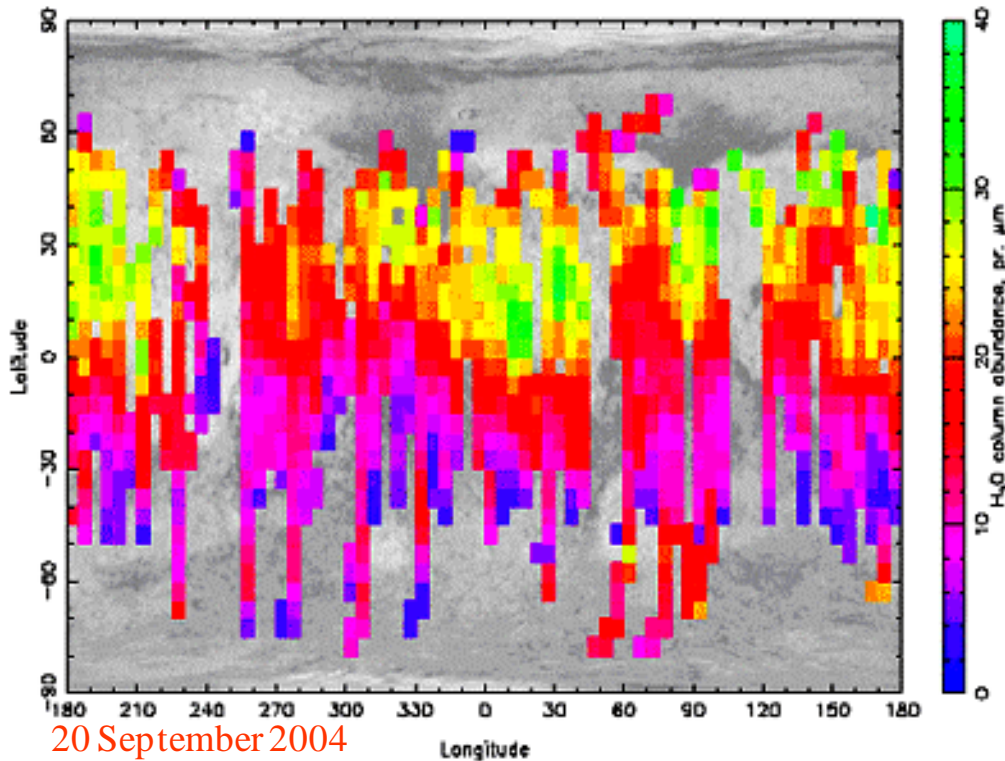
**Carbonatos:** rochas e minerais que contém " $\text{CO}_3$ " ( $\text{Ca CO}_3$ ,  $\text{Mg CO}_3$ ...). Na Terra são formados por processos puramente químicos, ou através de organismos vivos.

**Ambos os casos exigem a presença da água líquida.**



# Superfície planetária: Marte - à procura da água

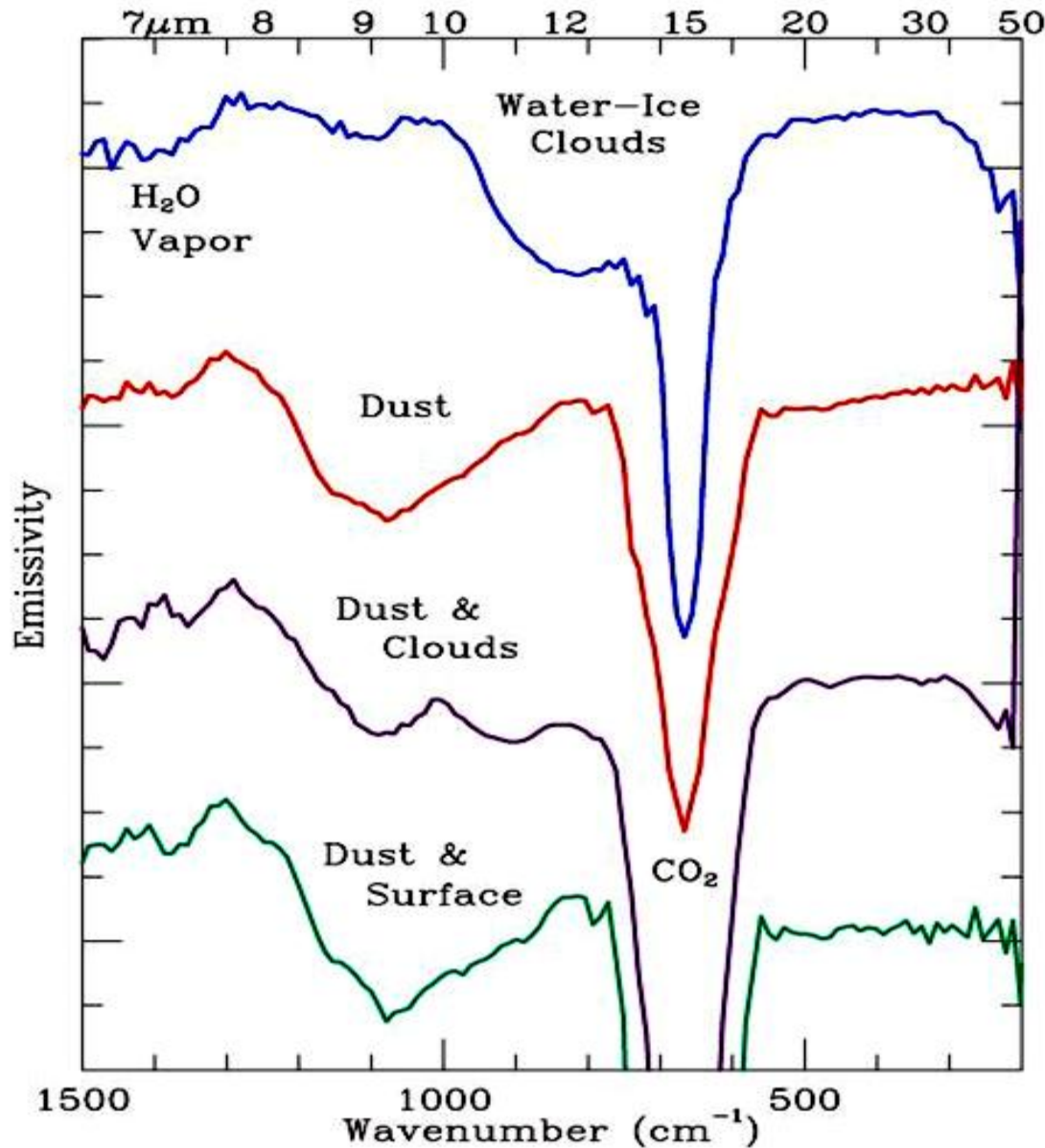
## Coexistência: vapor d'água e metano



Metano não sobrevive às condições locais por muito tempo:  
deve haver uma fonte renovável

Análises recentes revelam que concentrações de **vapor de água** e **metano** na atmosfera marcianas sobrepõem-se. Sonda Odisséia aponta evidências de camada de água congelada algumas dezenas de centímetros abaixo do solo. As concentrações maiores ocorrem sobre 3 regiões equatoriais: Terra Arabia, Planície Elysium, Arcadia-Memnonia.

# Superfície planetária: Marte



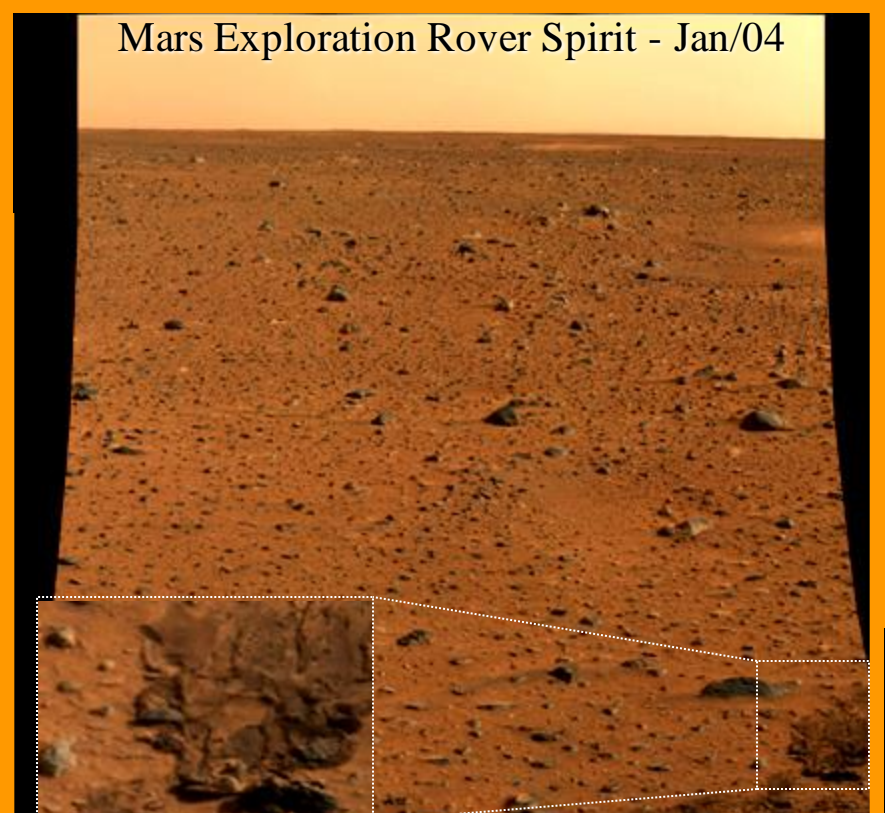
Superfície, poeira atmosférica e nuvens de gelo de água têm sido observadas pelas sondas orbitais

# Superfície planetária: Marte

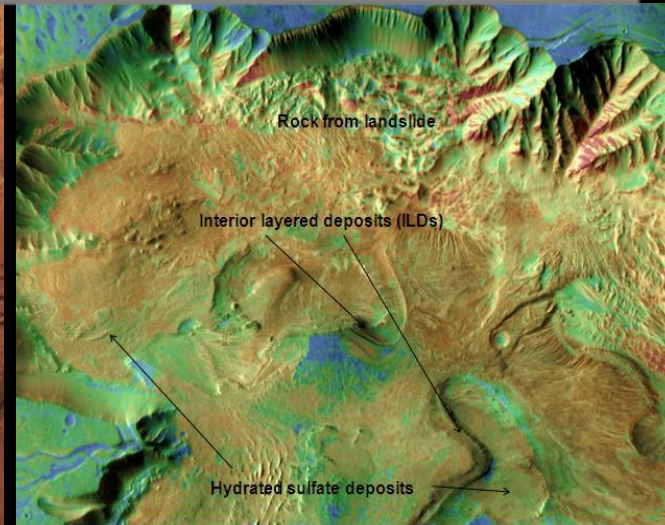
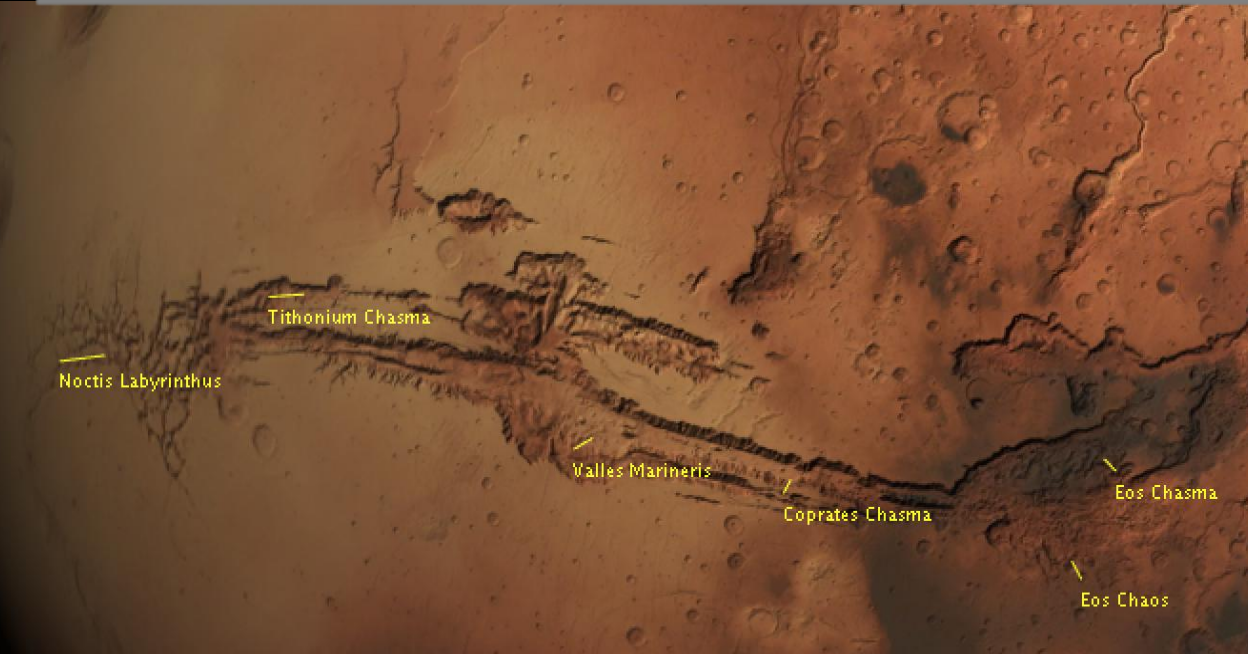
Mars Pathfinder Sojourner - Julho/97



Mars Exploration Rover Spirit - Jan/04

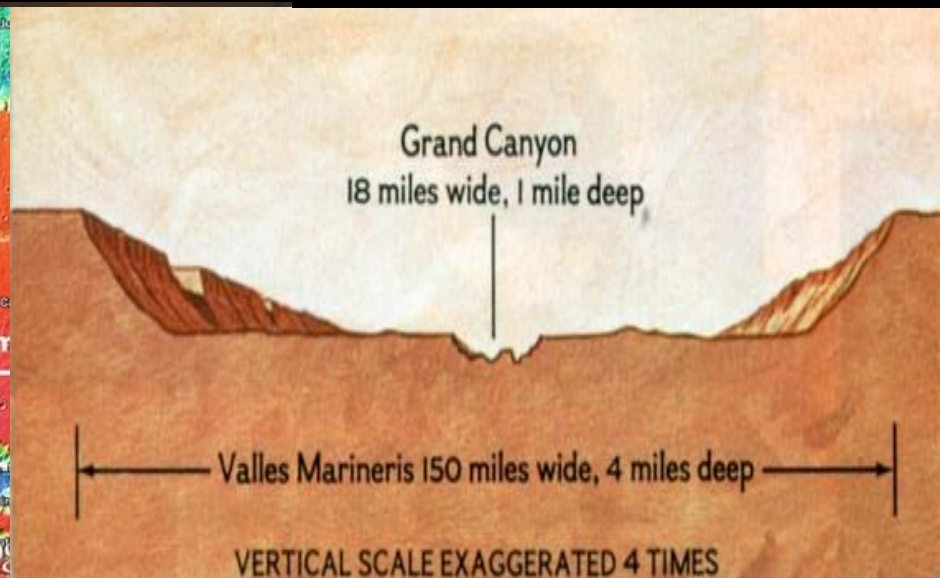
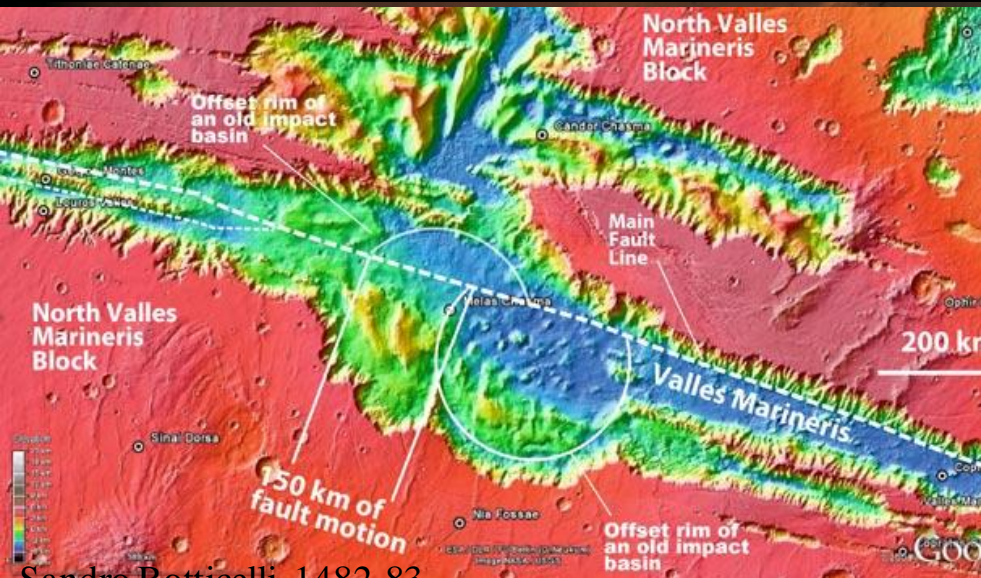


# Superfície planetária: Vales Marineris



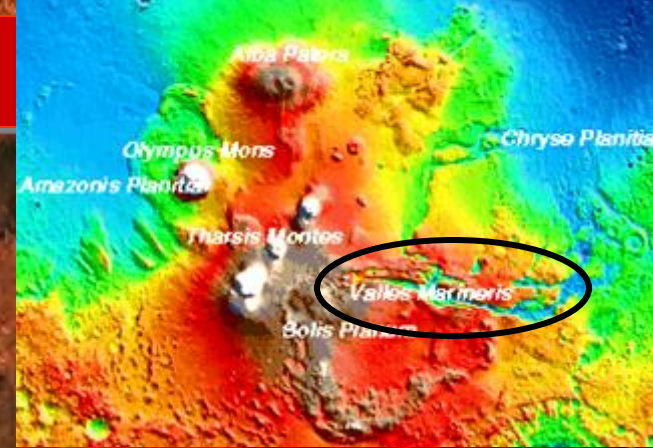
Candor Chasma: locais de depósitos de sulfato hidratado. Vermelho: lugares rochosos. Verdes e azuis: áreas arenosas e empoeiradas.

Chasma (plural: chasmata): depressão geológica profunda, alongada e íngreme



# Superfície planetária: Marte

Image processed by U.S. Geological Survey

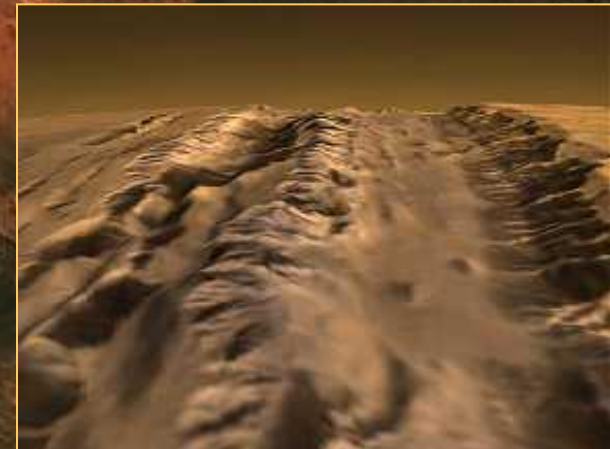
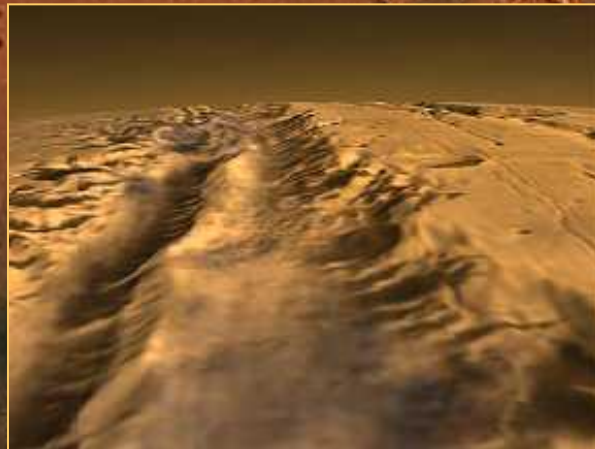


## VALES “MARINERIS”

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.

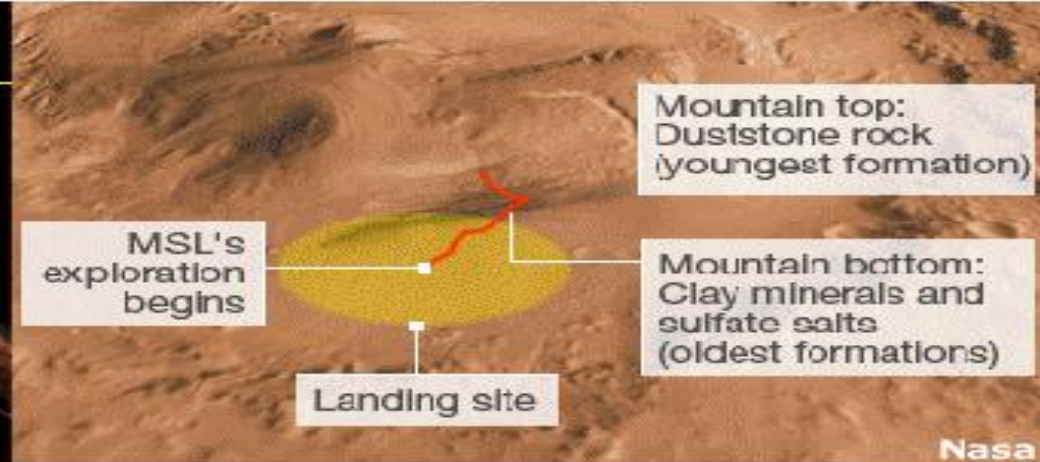


# Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?

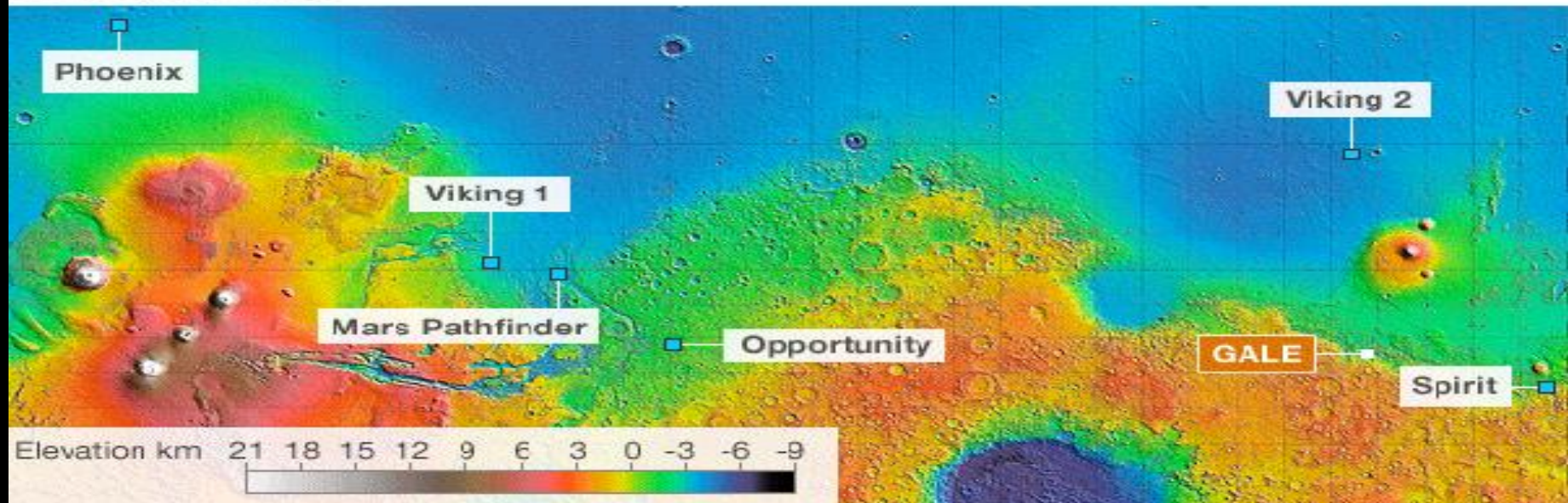


## Mars Science Lab's two year journey through Martian geology



Pouso: 06/08/2012

## Previous landings



# Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?

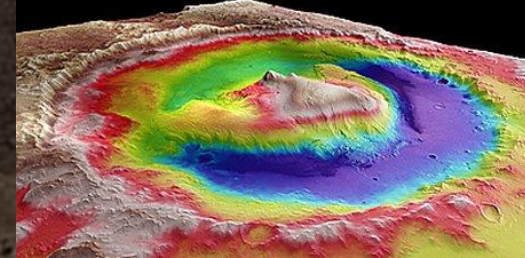


Determinação da idade pelo decaimento radioativo do K em Ar (meia vida:  $1,248 \times 10^9$  anos

89,28%  $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca} + \text{electron } (\beta^-) + \text{antineutrino}$

10,72%  $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar} + \text{raio gama} + \text{neutrino}$

0,001%  $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar} + \text{pósitron } (\beta^+) + \text{neutrino}$



**Sheepbed Mudstone sample**  
(sediment mixture)

**Sediment sources**

**K-Ar Result**

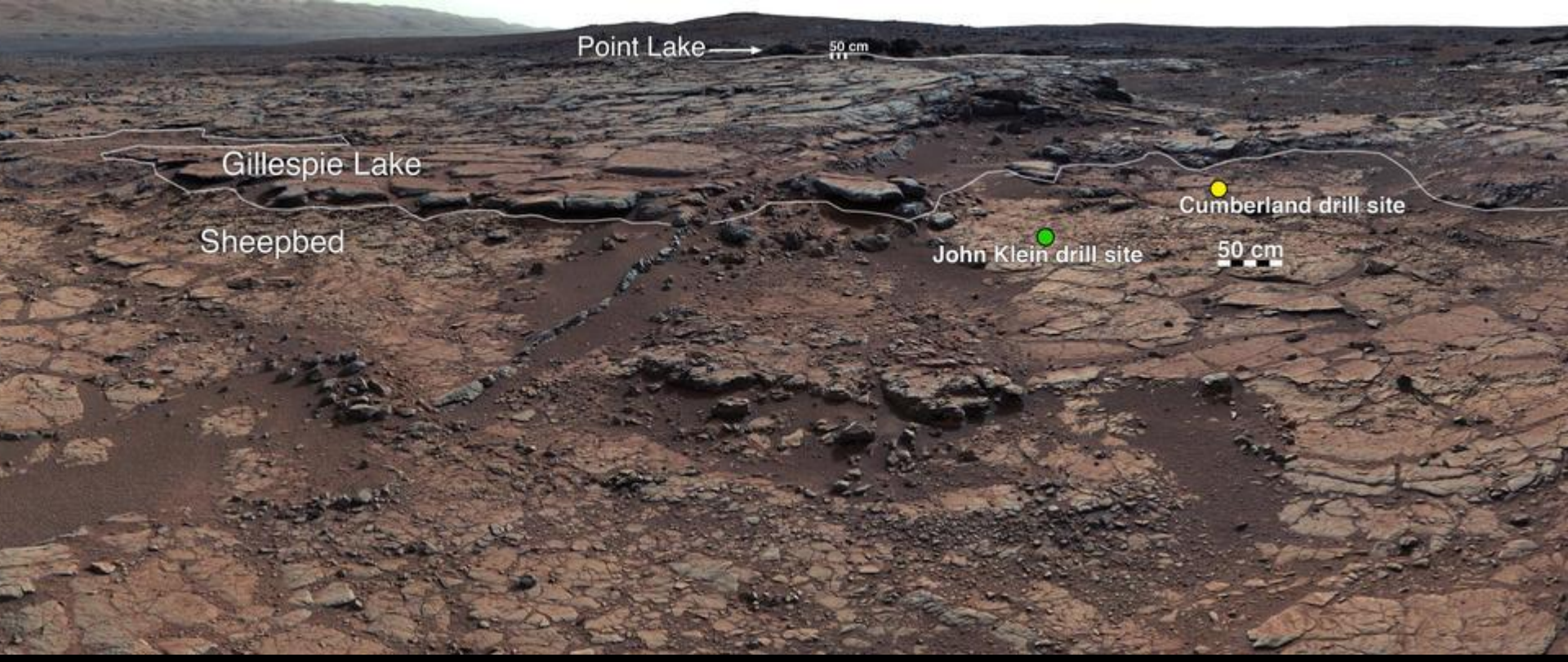
**Gale Crater region:  
4.2 ( $\pm 0.4$ ) billion years old**

**Crater density  
age estimates:  
3.6 - 4.1 billion years**

**Gale Crater: Diameter: 154 km**

# Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?





# Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?



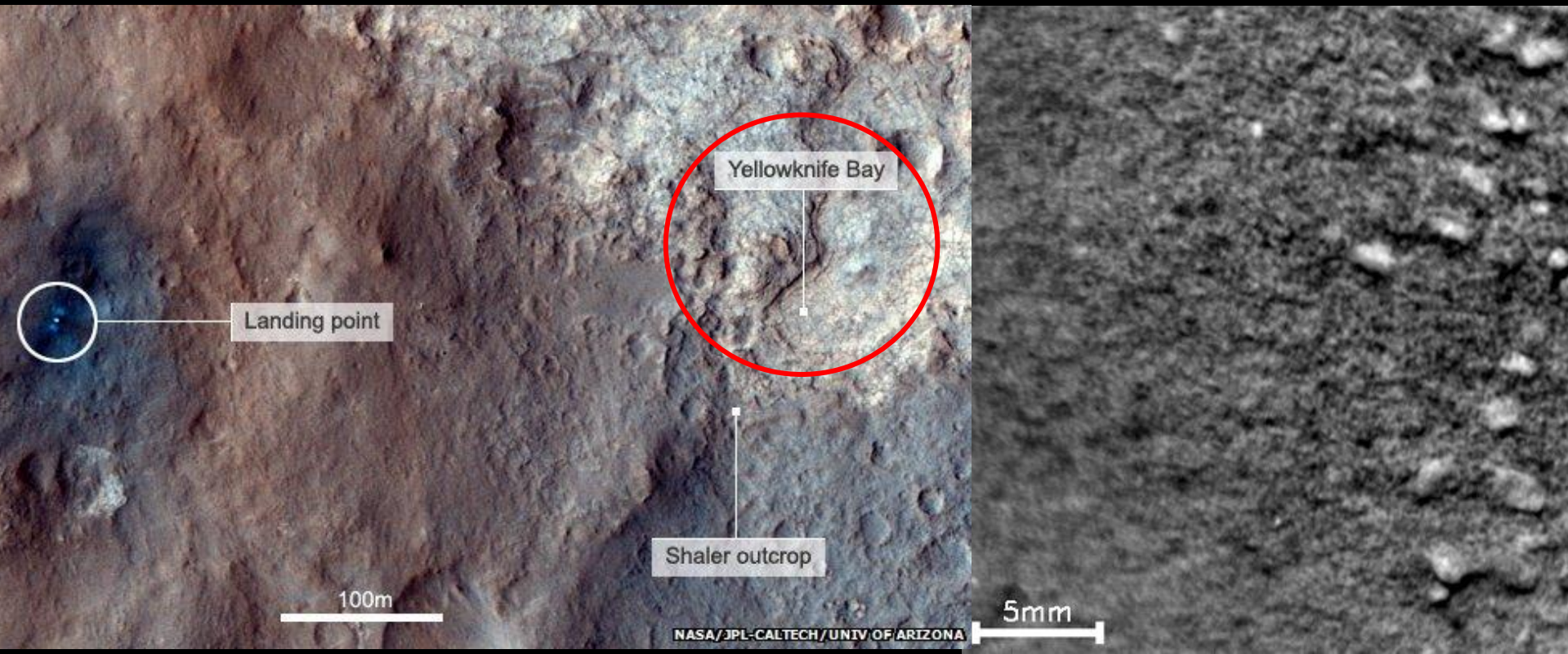
**Dia marciano:** 271° (11/05/2013)    **Local:** dentro da área " Yellowknife Bay"

**Instrumento:** ChemCam (RMI): dispara laser e fotografa

**Potência do Laser:** 1 megawatt por cerca de 5 bilionésimos de segundo.

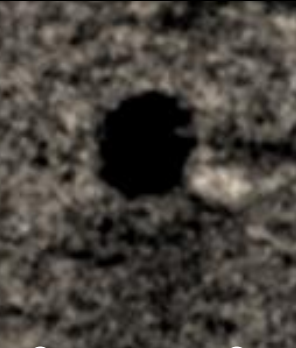
Laser gera plasma - gás ionizado – ao ativar átomos do solo.

Buraco gerado pela rápida expansão do plasma .



# Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?



5 mm



Furos de laser

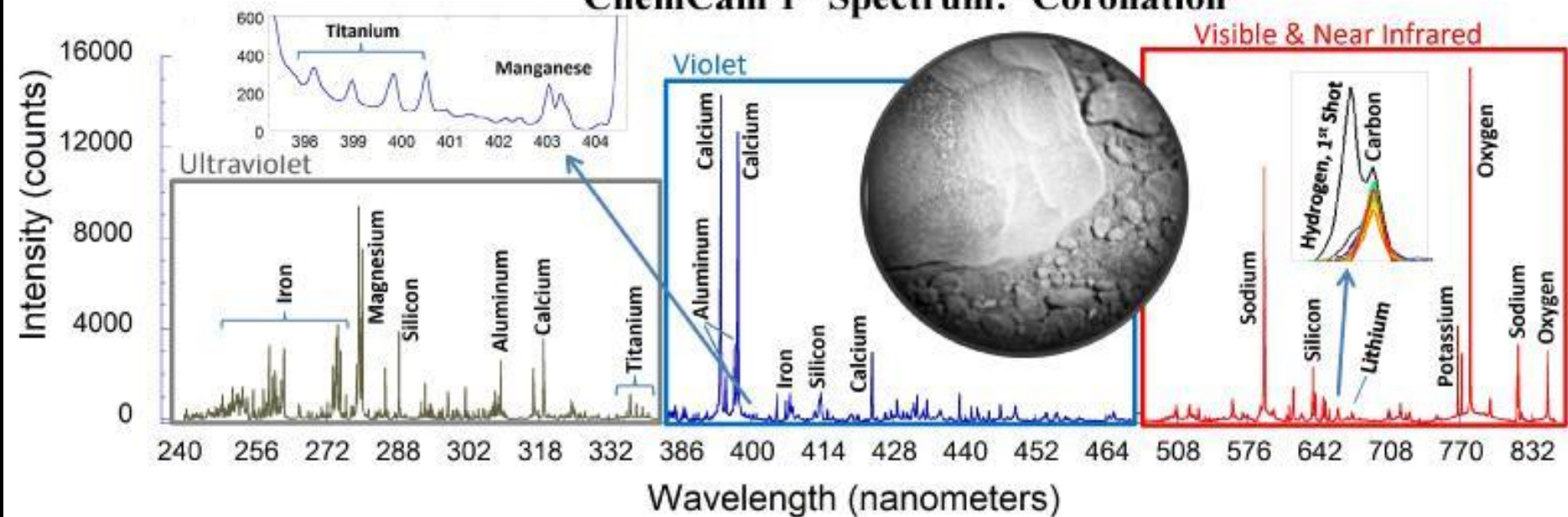
2 mm

# Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?



## ChemCam 1<sup>st</sup> Spectrum: 'Coronation'

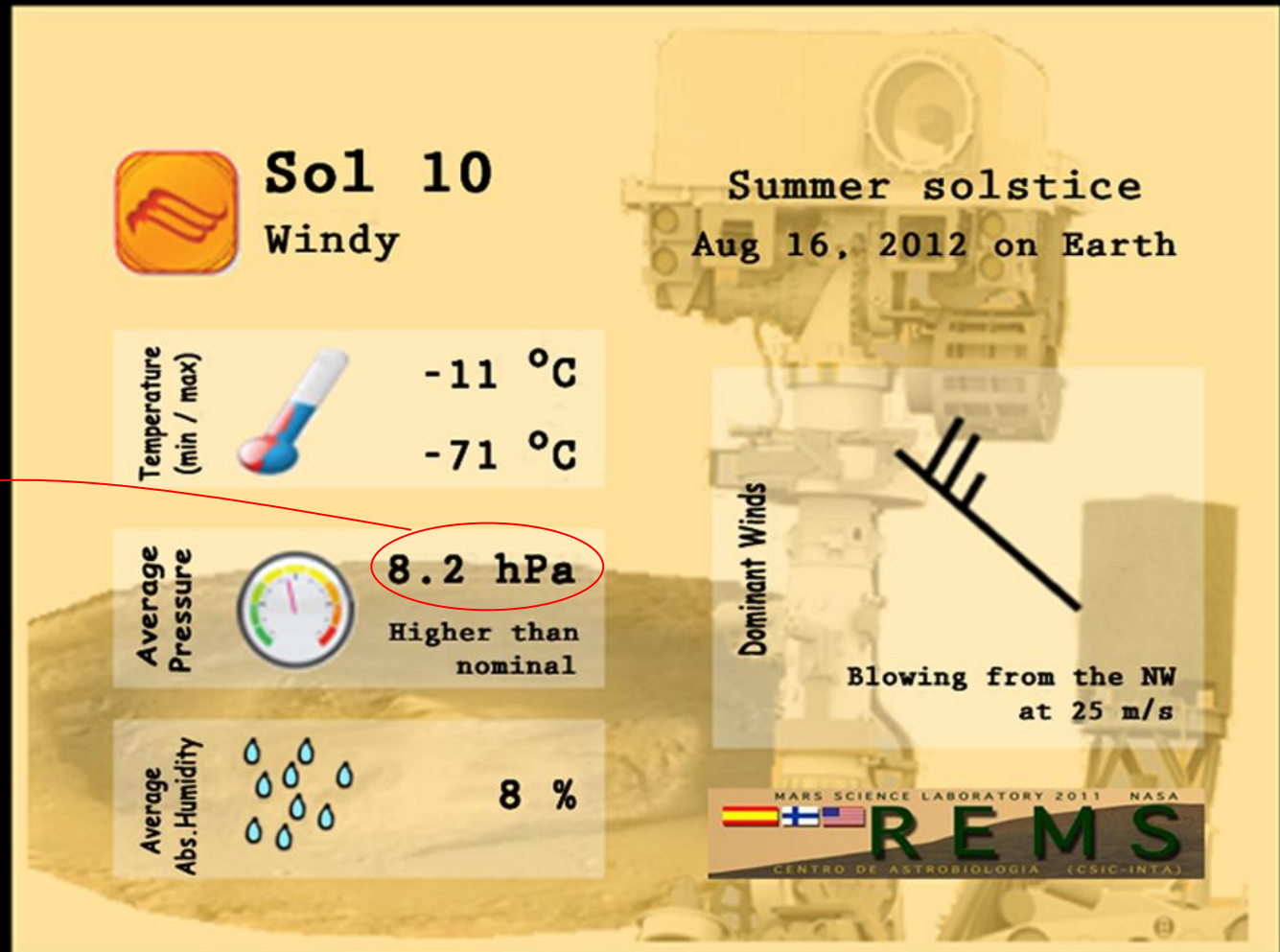


# Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?

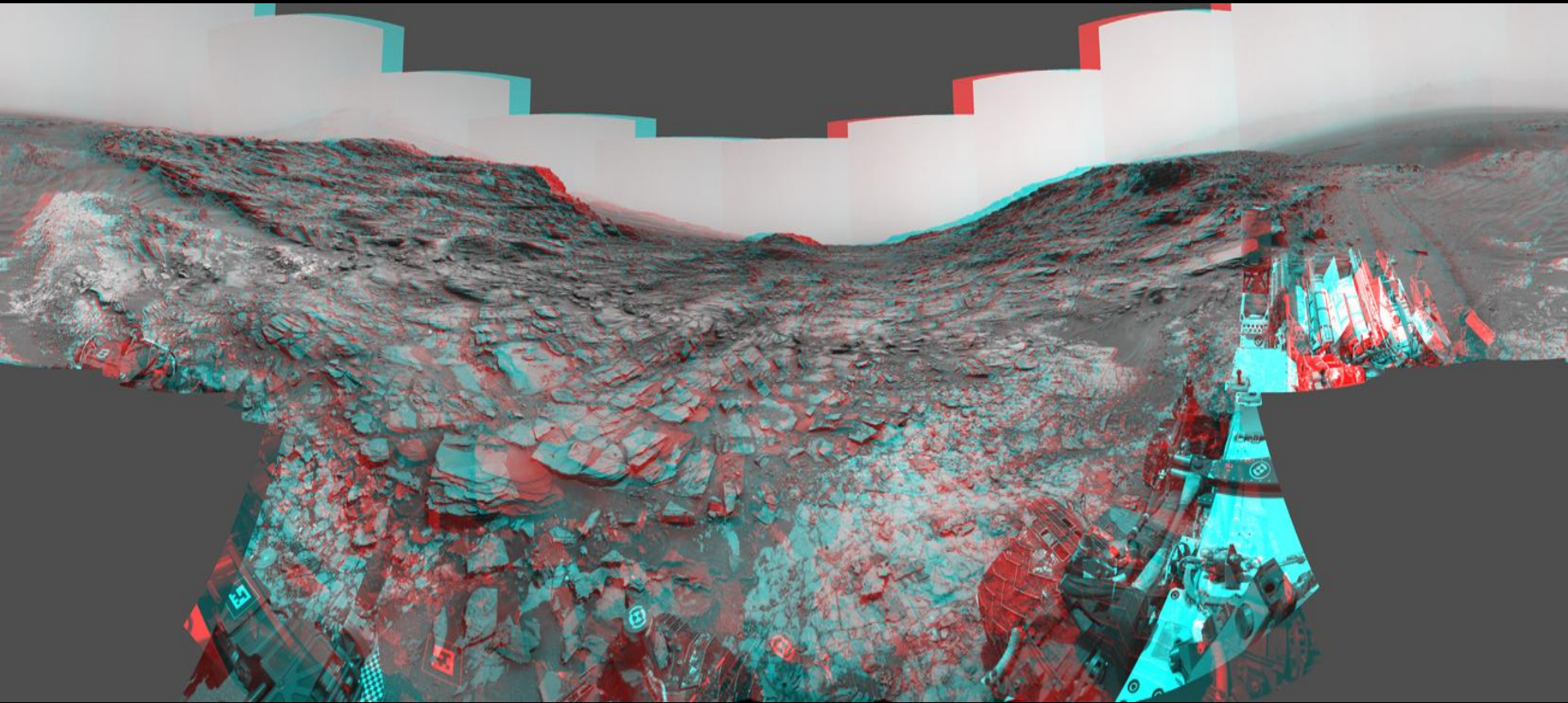


<http://cab.inta-csic.es/rem/s/marsweather.html>



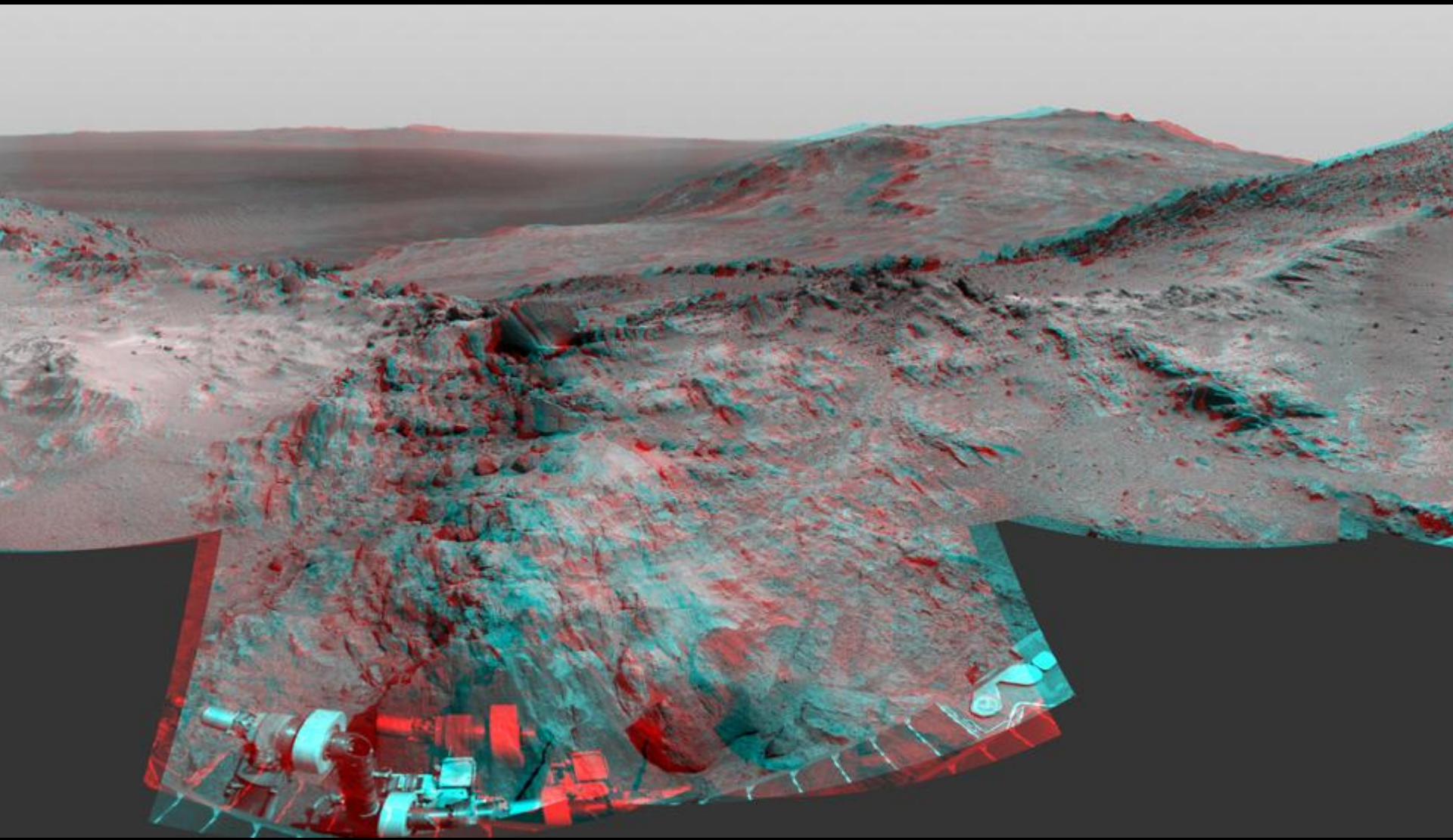
8.2 hectopascals =  
0.00809277079 atm

# Superfície planetária: Marte

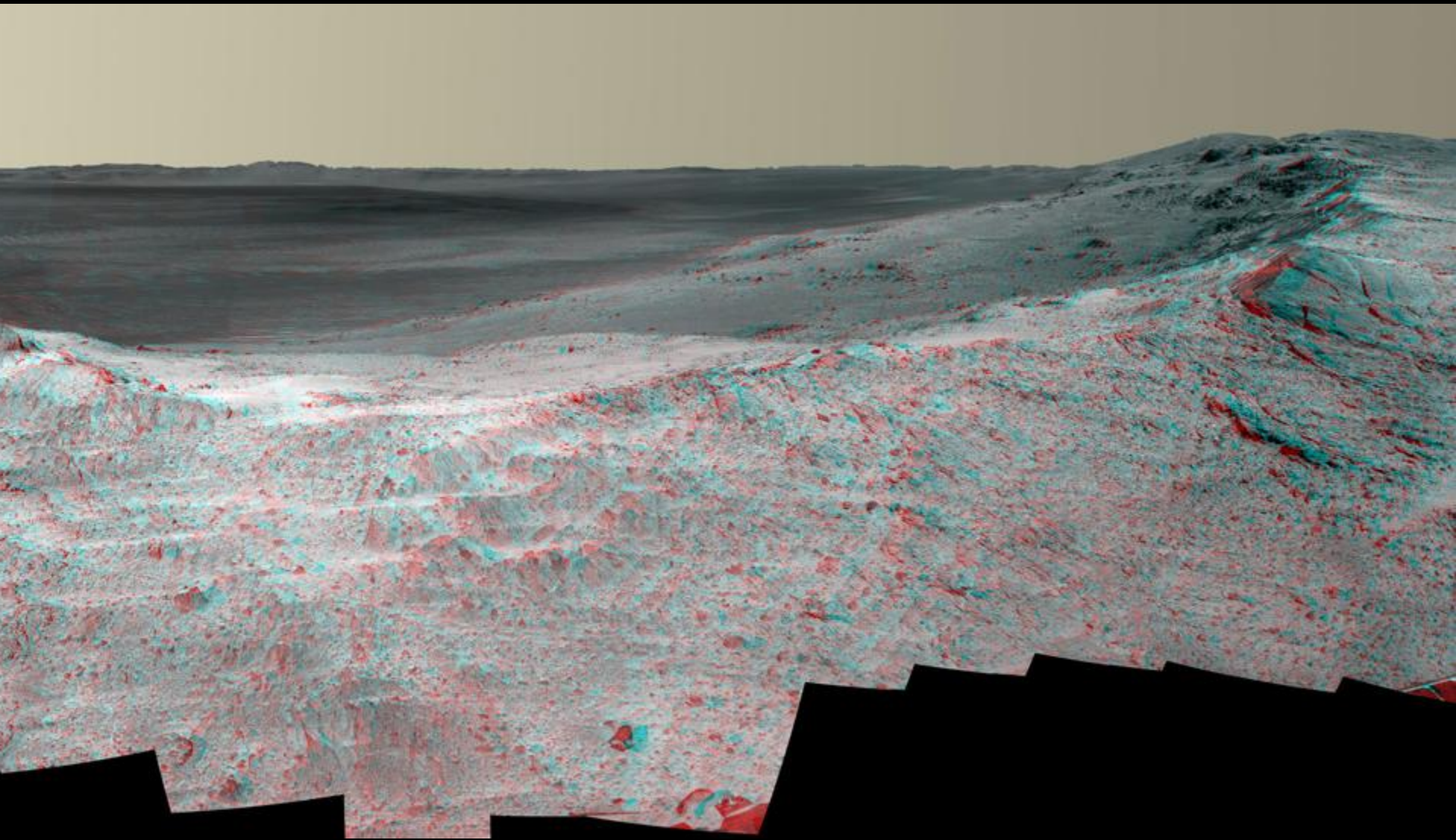


Panorama from Curiosity's Sol 1000 Location

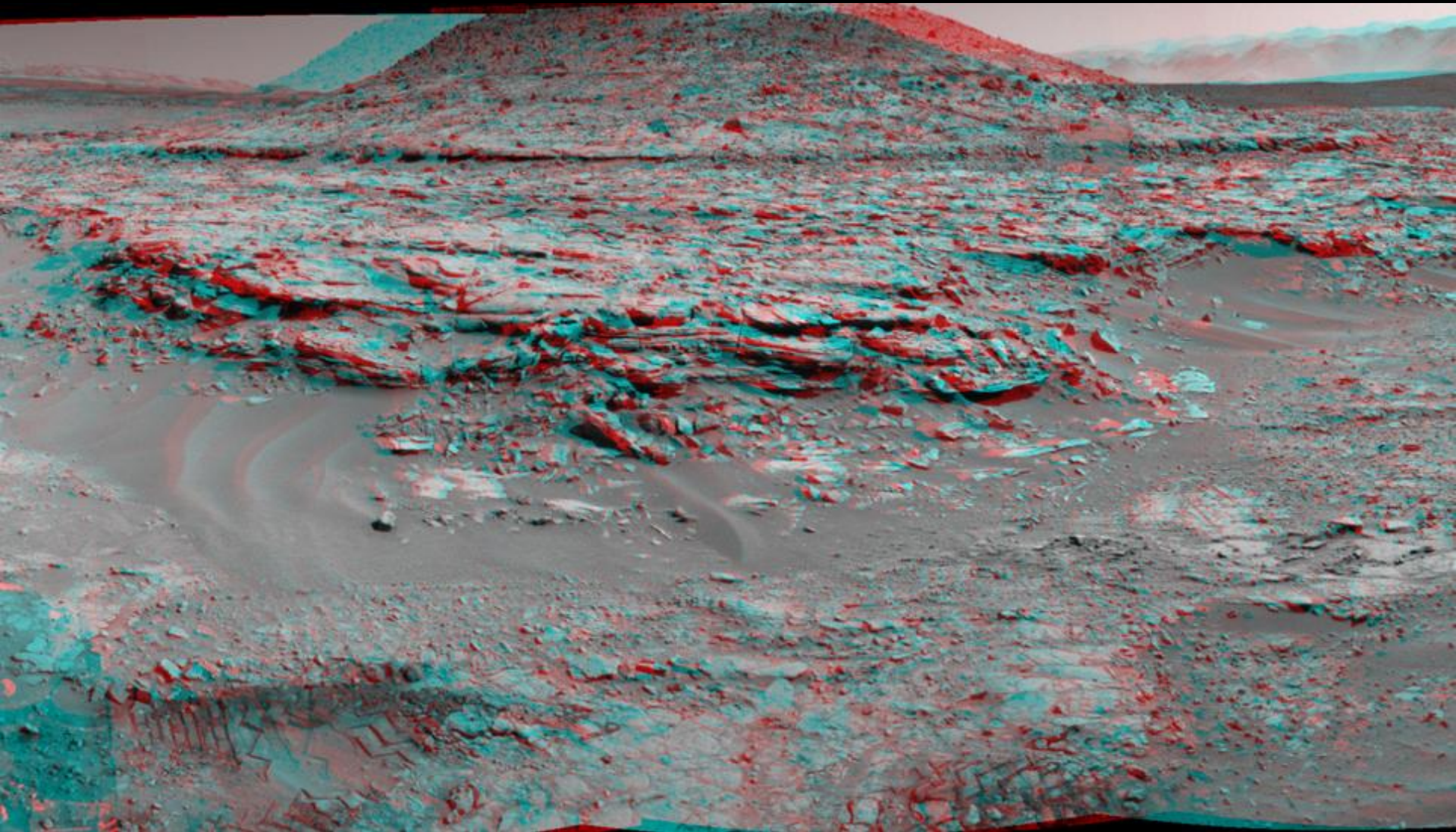
<https://www.youtube.com/watch?v=bY73tdyGUNQ>



NASA's Mars Exploration Rover Opportunity recorded this stereo view of the summit of "Cape Tribulation," on the western rim of Endeavour Crater, on the day before the rover drove to the top.

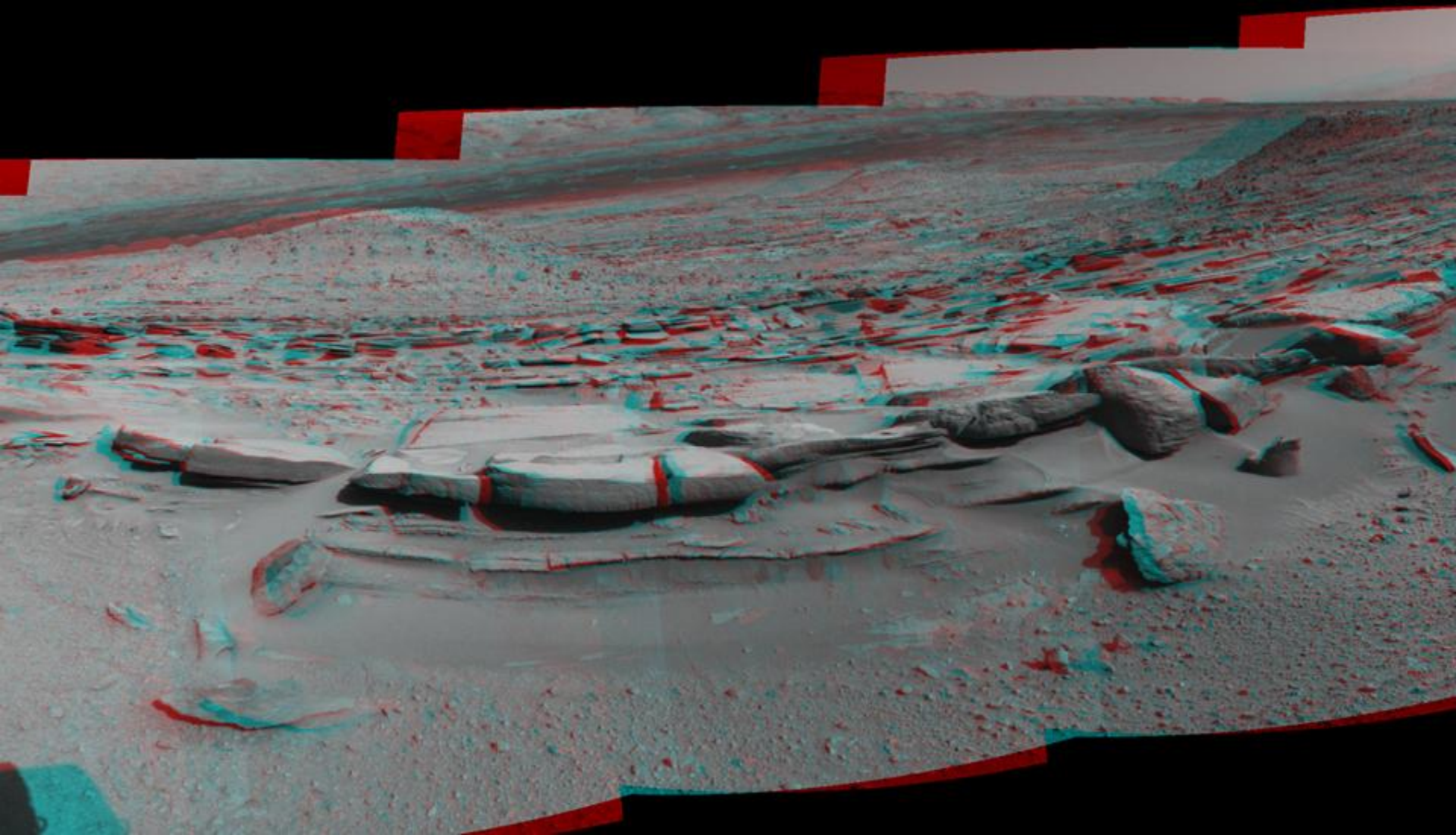


'Pillinger Point' Overlooking Endeavour Crater on Mars

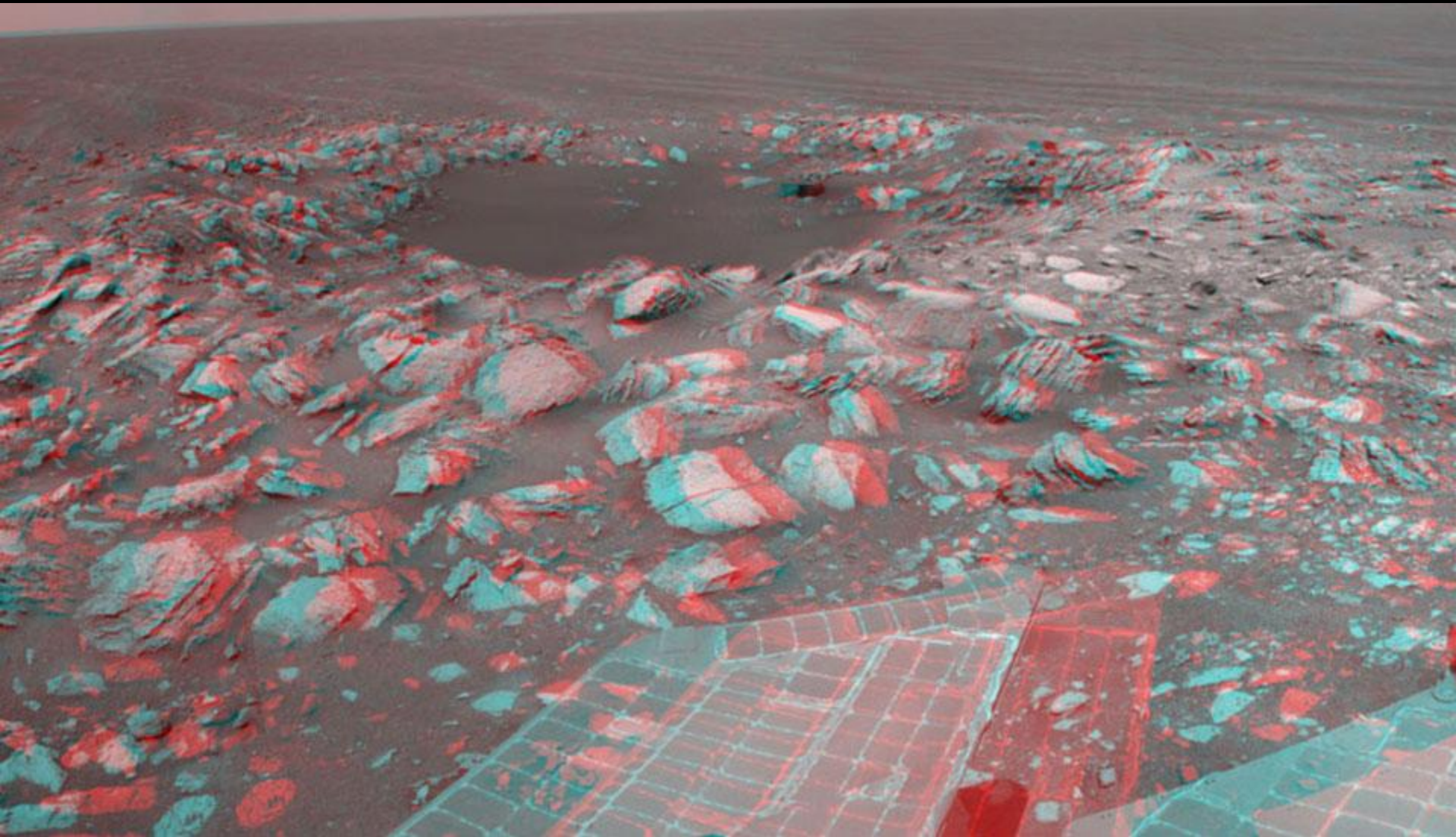


'Mount Remarkable' and Surrounding Outcrops at Mars Rover's Waypoint

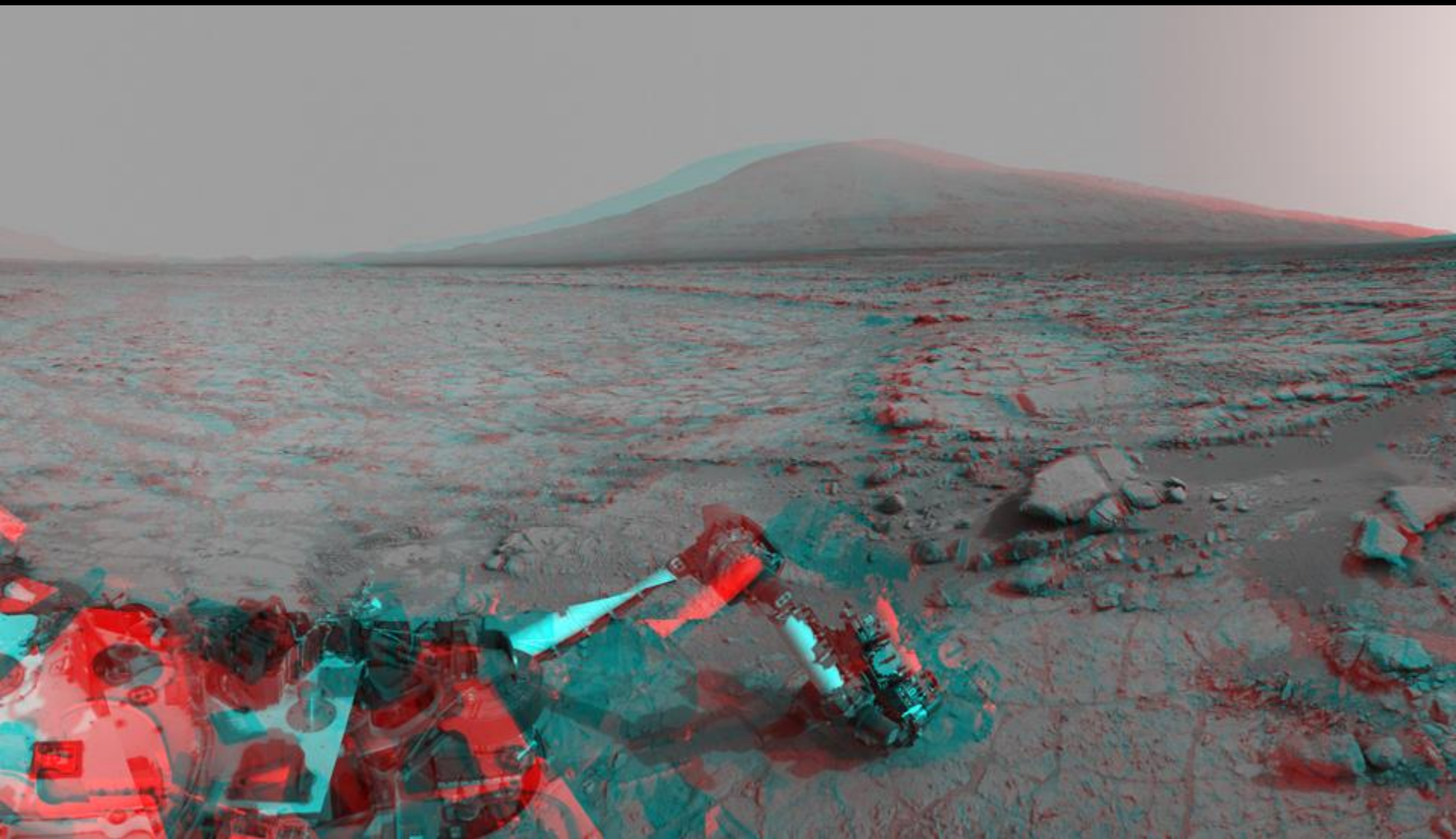




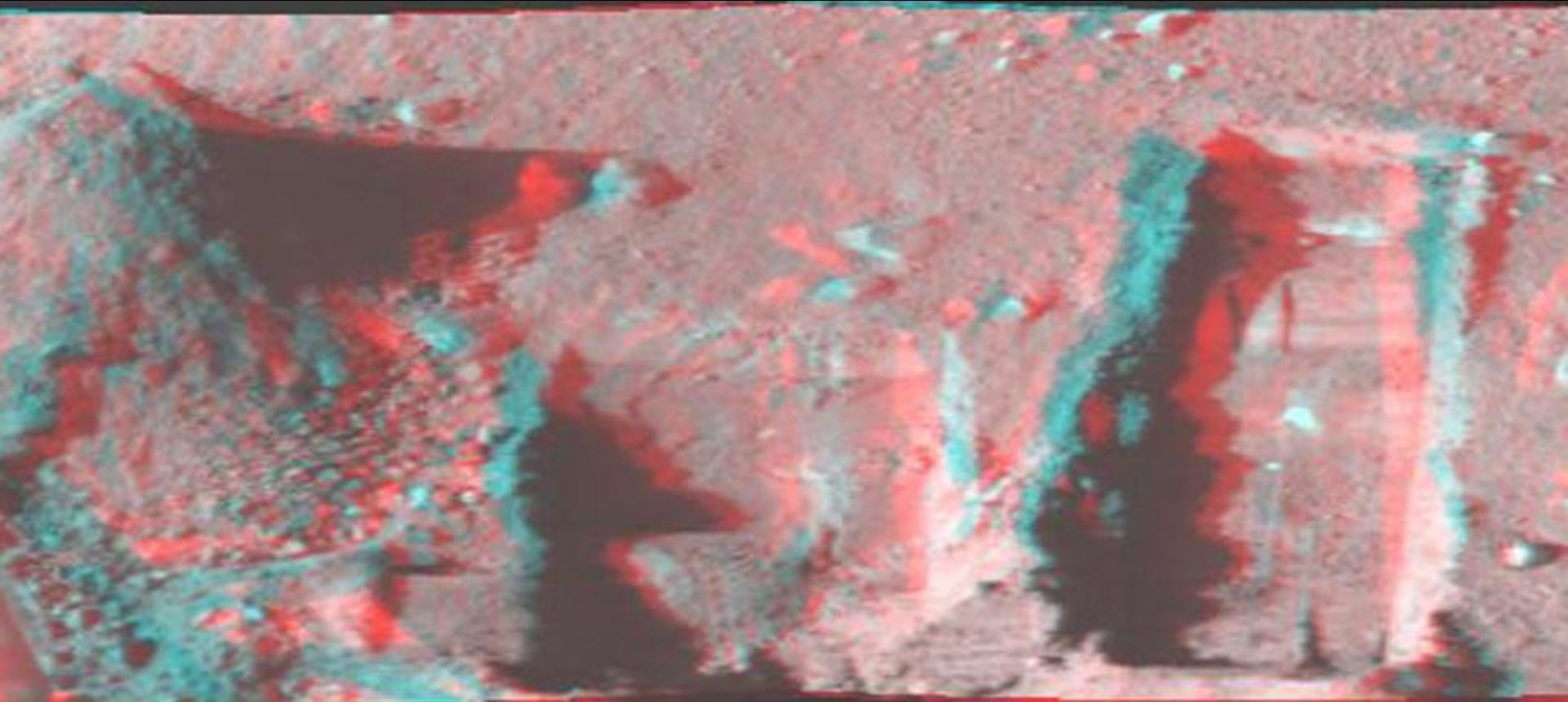
Panorama With Sandstone Outcrop Near 'The Kimberley' Waypoint



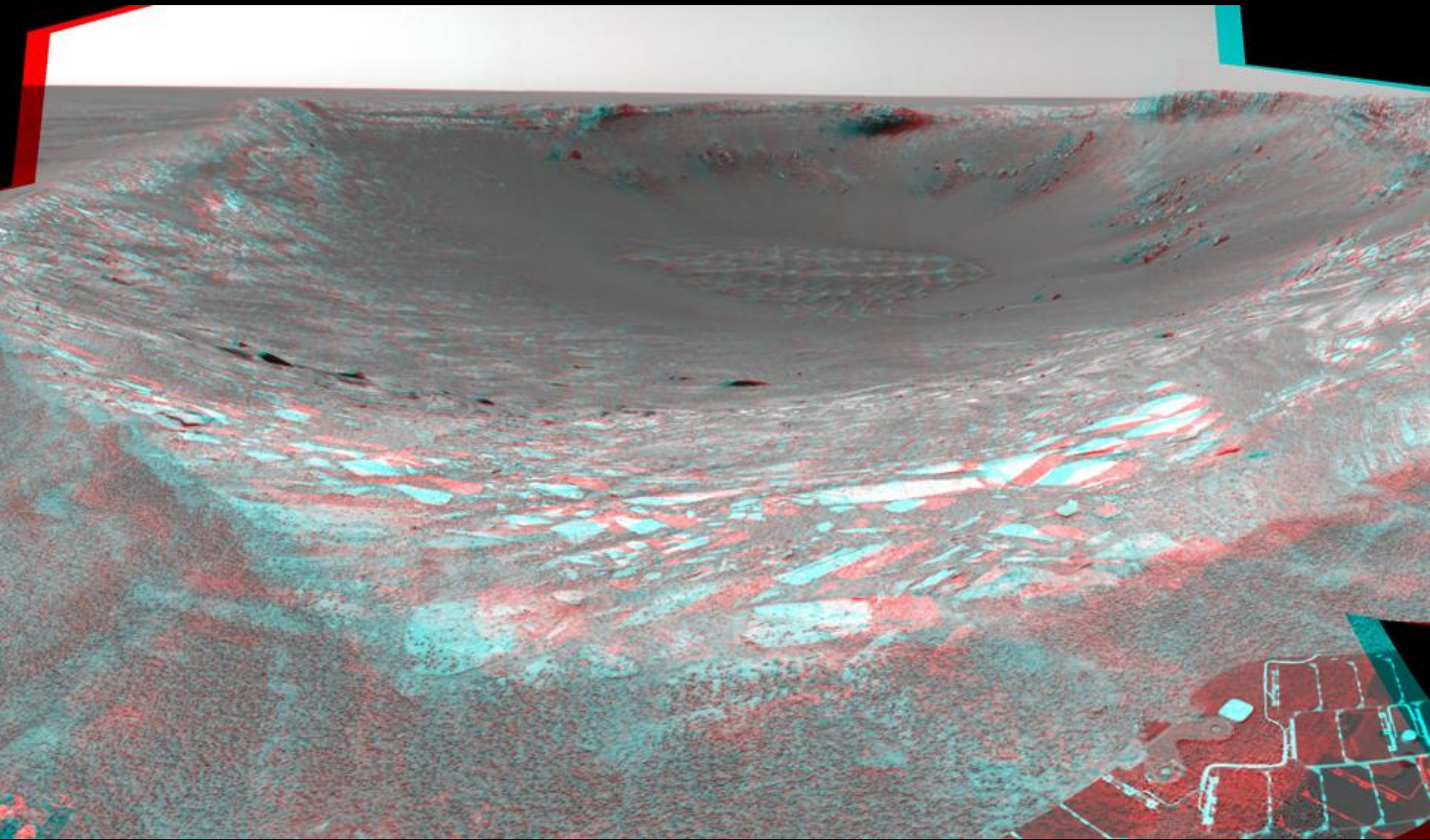
Opportunity Beside a Small, Young Crater

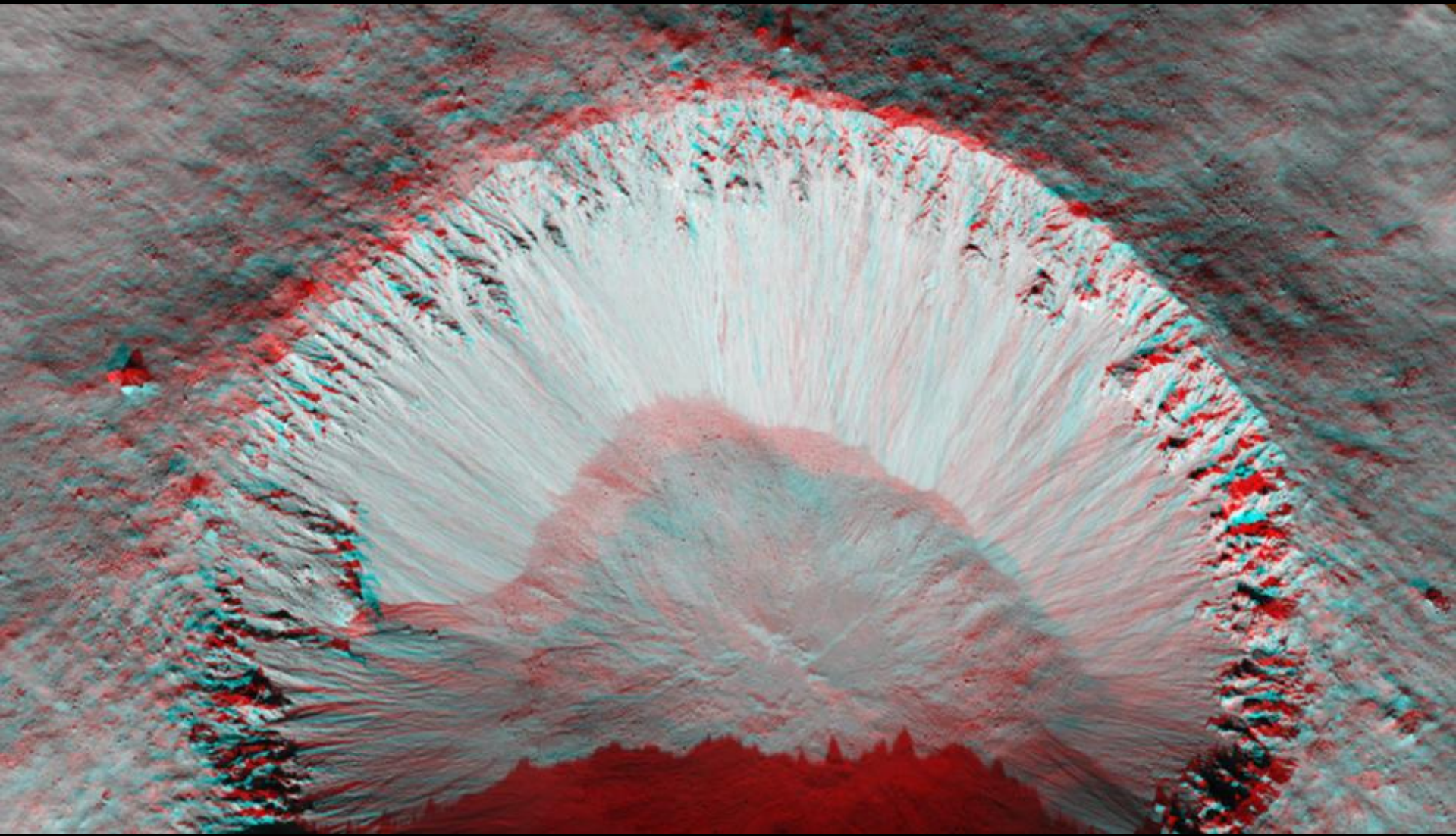


Mars Stereo View from 'John Klein' to Mount Sharp



Phoenix Trenches

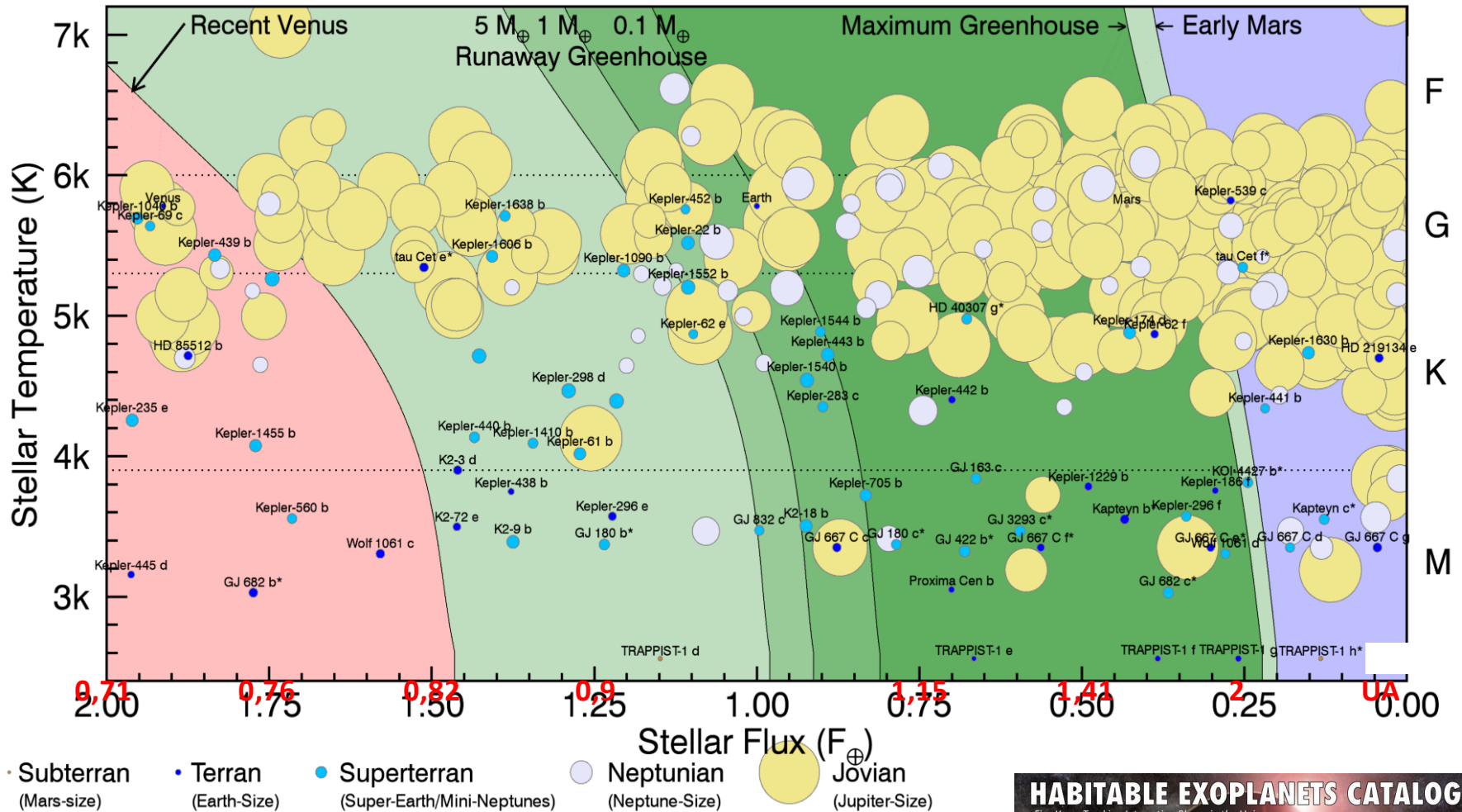




cratera de impacto "de aparência recente", com um quilômetro de diâmetro, com sulcos ao redor das íngremes encostas internas.



# Exoplanetas candidatos à habitabilidade



<http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog/>

phl.upr.edu, Feb 2017

Known exoplanets near the habitable zone (darker green shade is the conservative habitable zone and the lighter green shade is the optimistic habitable zone). Only exoplanets less than 10 Earth masses or 2.5 Earth radii are labeled. Some are still unconfirmed (\* = unconfirmed). Size of the circles corresponds to the radius of the planets (estimated from a mass-radius relationship when not available). Credit: PHL @ UPR Arcibo



# Superfície planetária: Marte

