PLANETAS E SISTEMAS PLANETÁRIOS

(AGA-0502)

Enos Picazzio

SATÉLTES PLANETÁRIOS

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

Satélites: comparativo

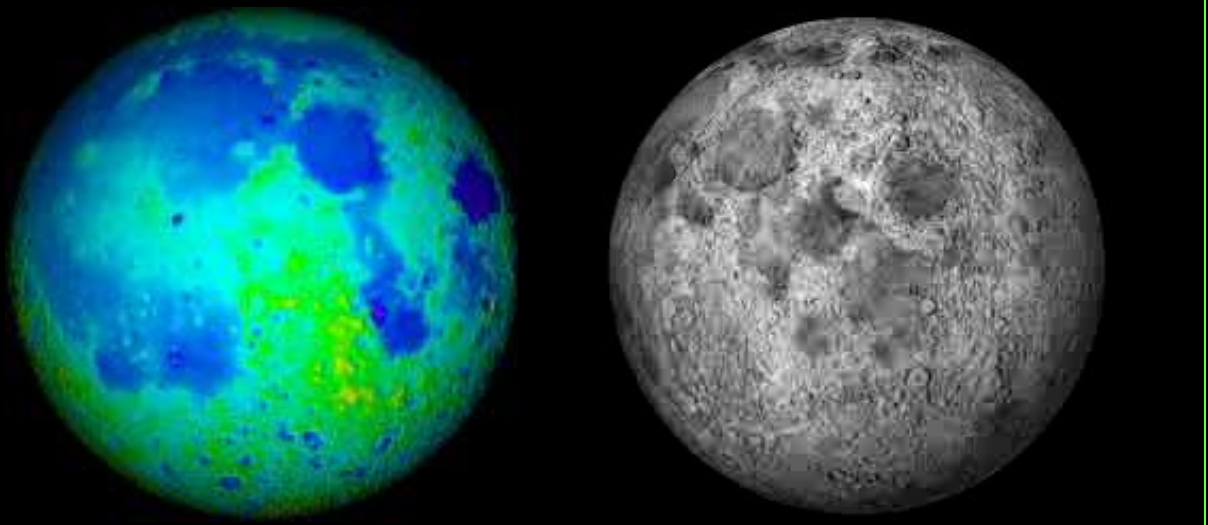
Satélites comparáveis à Mercúrio

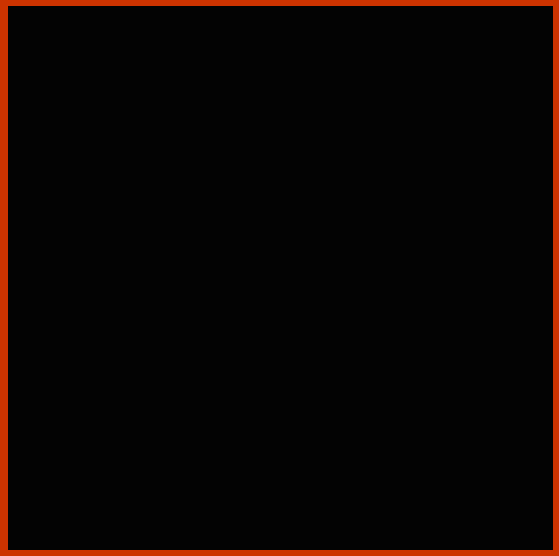
	raio (km)	massa (10^{23} kg)
Mercúrio	2.440	3,3
Ganimedes	2.634	1,5
Calisto	2.403	1,2
Titã	2.575	1,3

Satélites comparáveis à Lua

	raio (km)	massa (10^{22} kg)
Lua	1.738	7,4
Io	1.821	8,9
Europa	1.565	4,8
Tritão	1.353	2,2

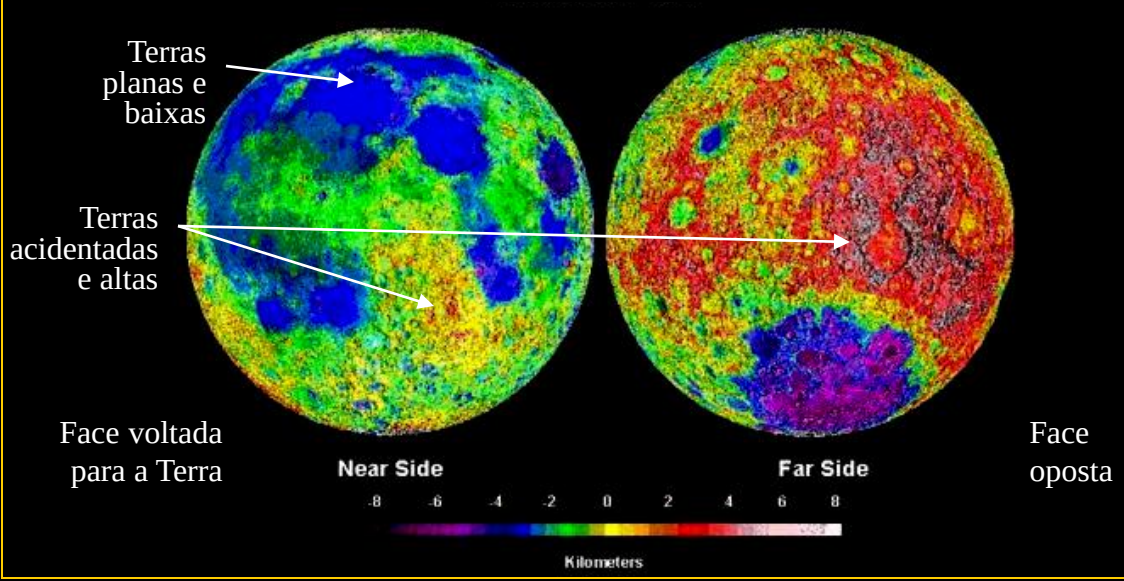
LUA: Satélite da Terra





Durante um ciclo o aspecto da Lua muda em decorrência das librações e da excentricidade da sua órbita

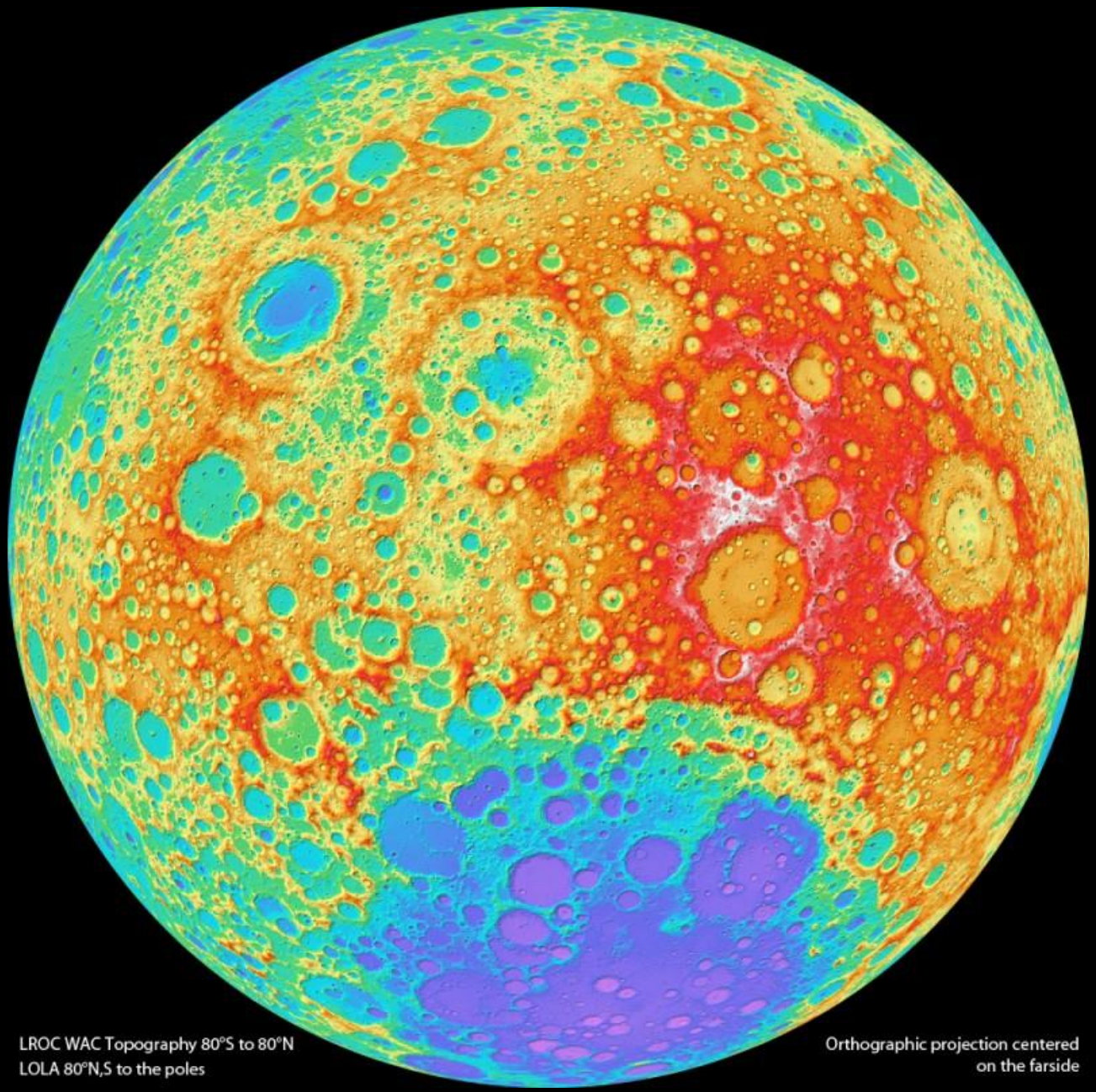
Topografia da Lua, de acordo com a sonda Clementina



A Lua nos mostra sempre a mesma face porque os períodos de rotação e translação são iguais. Este fenômeno, conhecido por rotação síncrona, é decorrente do efeito de maré. A longo prazo, todos os satélites tendem à rotação síncrona.

As fases ocorrem em ambos os hemisférios: na Lua Nova o hemisfério oposto é iluminado integralmente, e vice-versa.

LUA: topografia pela sonda Clementina



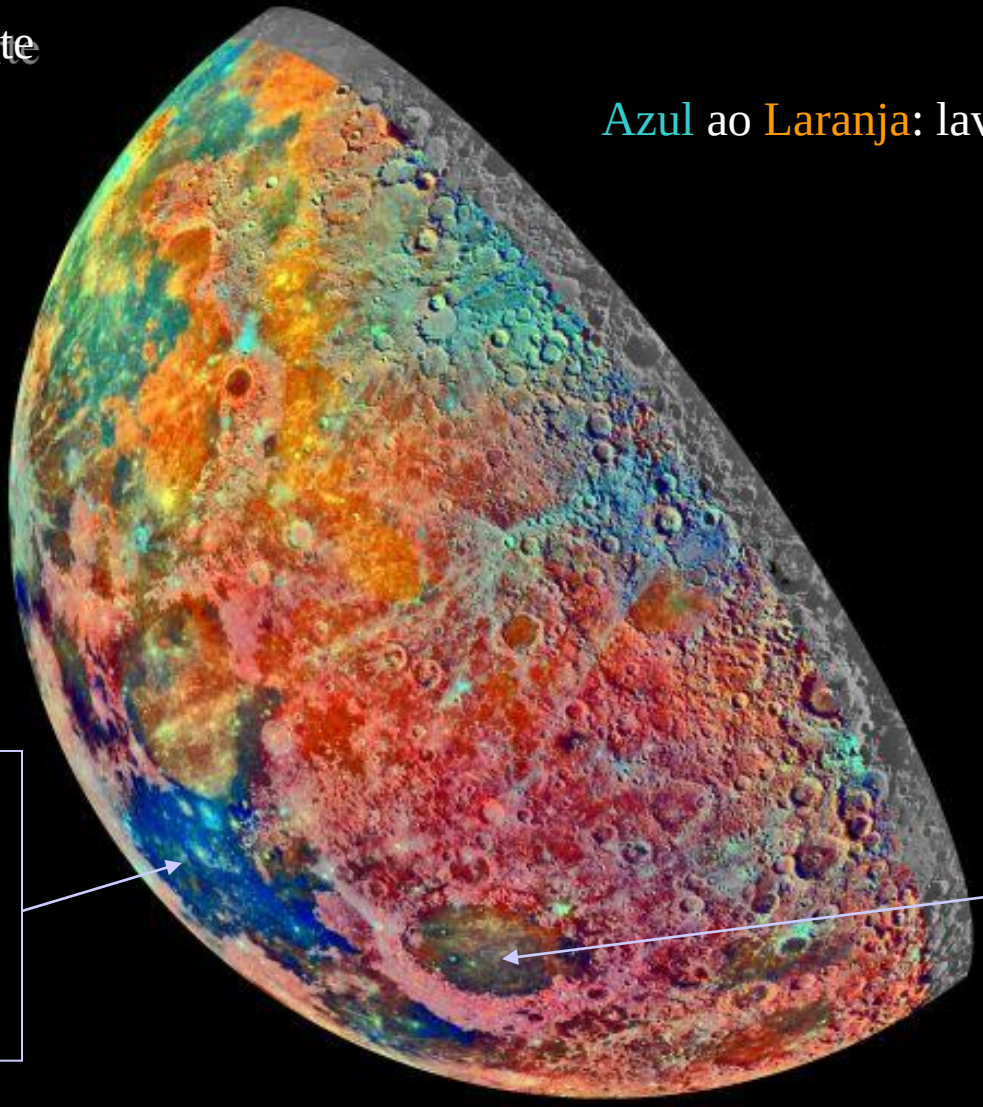
LUA: Topografia

(sonda Galileo)

Mosaico de 53 imagens.obtidas com 3 filtros espectrais. Cores falsas.

Pólo Norte

Azul ao Laranja: lavas vulcânicas

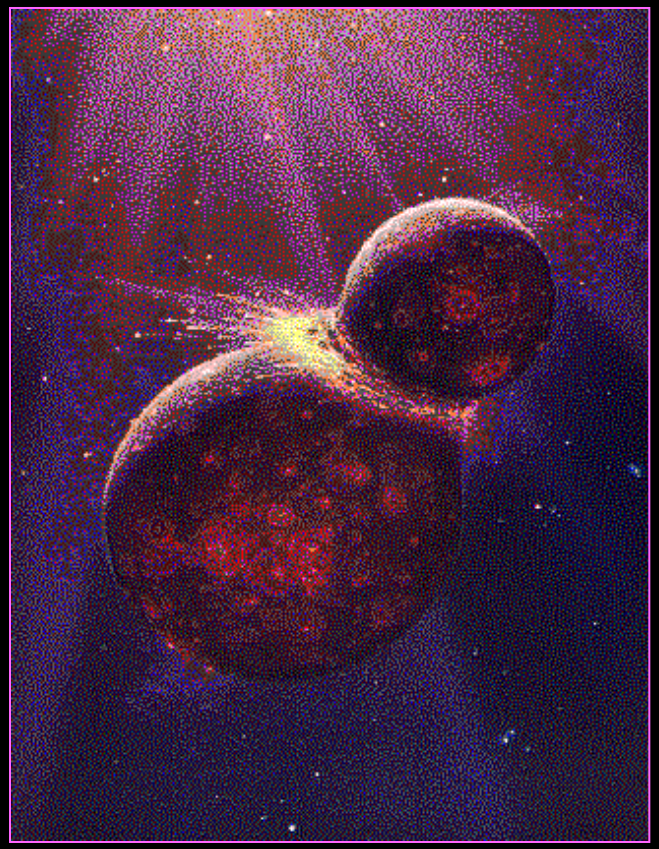


Mar da Tranquilidade terreno rico em titanium (cor azul escuro)

Mar das Crises circúndado por material típico das terras altas (cor rosa)

Galileo, 1992, NASA

LUA: Origem colisional



Resumidamente, por que esta é uma boa hipótese?

* **A Terra tem um grande núcleo de ferro, a Lua não**. Explicação: o ferro terrestre imergiu para o centro. No impacto, apenas o material das crostas dos dois corpos foi ejetado, o ferro do núcleo do corpo colidente fundiu e imergiu para o centro da Terra.

* **A Terra tem densidade média ~ 5,5 g/cc, e a Lua tem ~ 3,3 g/cc**. Isso indica que a Lua é deficiente em ferro.

* **Terra e Lua têm a mesma composição isotópica de oxigênio. Marte e os meteoritos, que vêm de outras partes do Sistema Solar, têm composições diferentes**. Isso indica que a Lua é formada do mesmo material que predominava nas vizinhaças da Terra.

* **Semelhança de composição química entre planeta e satélite só se encontra nos casos Terra-Lua e Plutão-Caronte, nos demais não**.

LUA: Origem colisional

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=50gxyyU0V7U#t=0s

LUA: Origem colisional

http://www.youtube.com/watch?v=UIKmSQqp8wY&feature=related

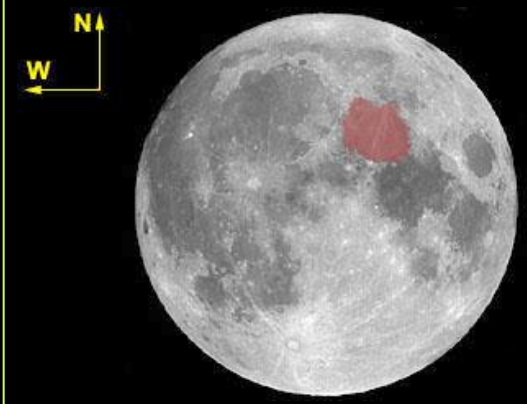
LUA: superfície

Toda a superfície lunar é recoberta por um camada de poeira, chamada **REGOLITO**.

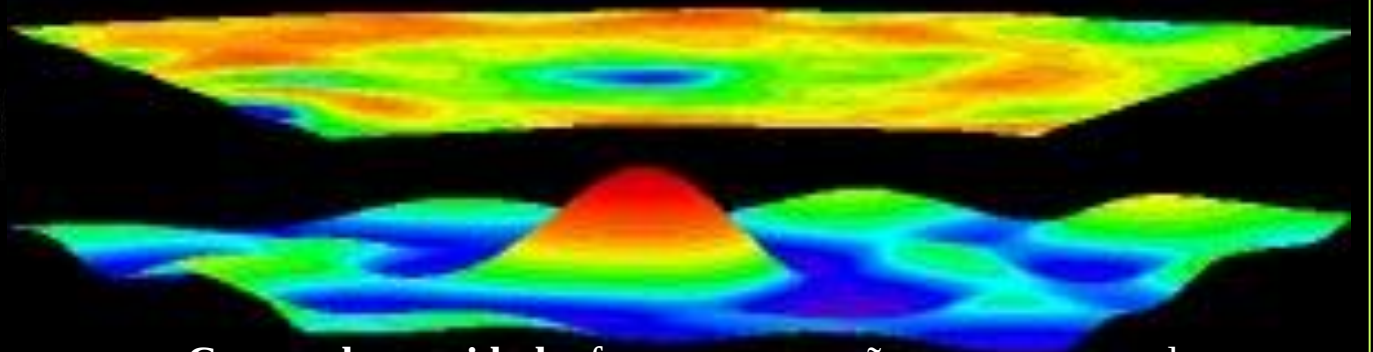
Essa poeira é formada de minúsculas partículas rochosas originadas da pulverização das rochas pelas sucessivas colisões com meteoróides.

LUA: concentração de massa (mascons)

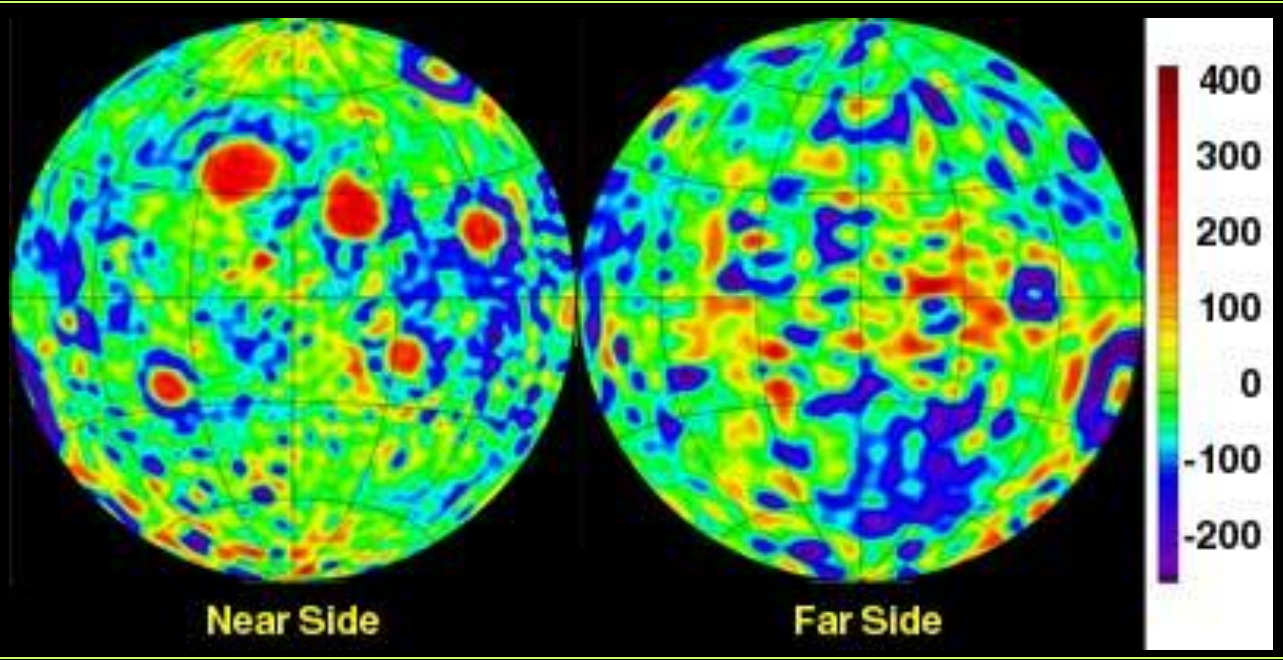
Mar da Serenidade



Topografia: terreno relativamente plano

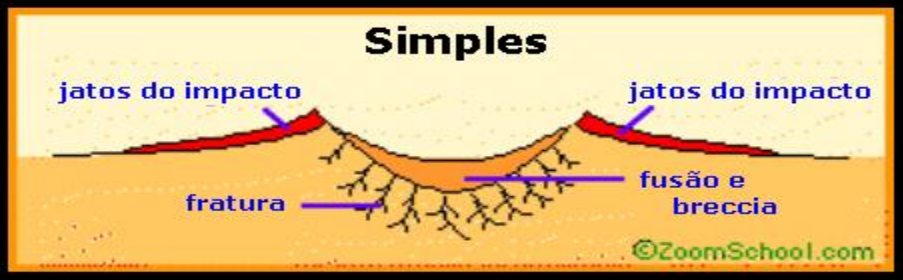


Campo de gravidade: forte concentração na parte central

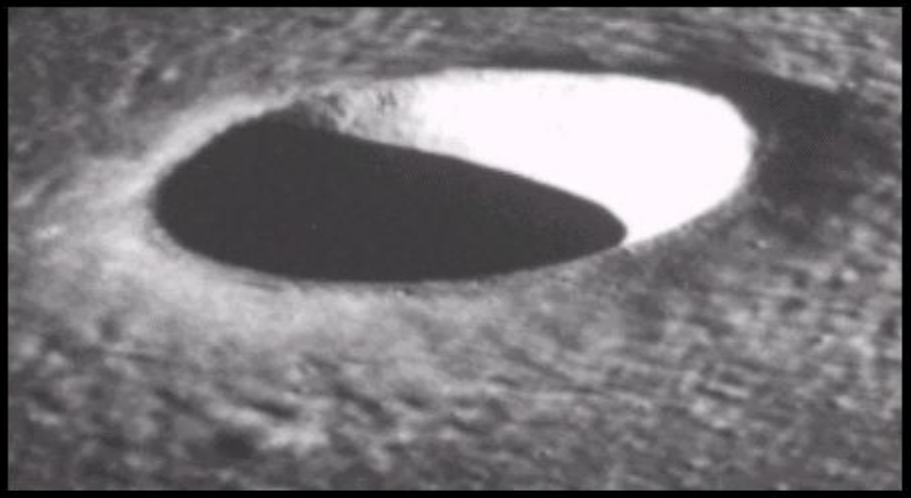


Mapa de gravidade obtido pela sonda Lunar Prospector (NASA)

LUA: superfície (cratera de impacto)



até 20 km



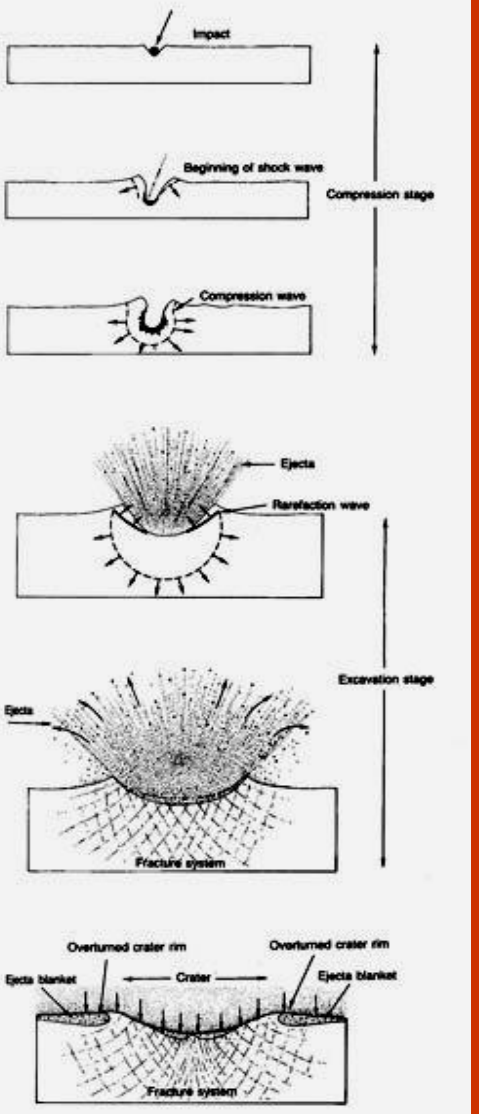
de 20 a 200 km

Bacias de impacto: acima de 200 km

Quanto maior, mais antiga.

- Formato: circular
- Presença de pico central (decorrente da reflexão das ondas de choque) nas grandes.
- Perfil: paredes baixas de pequena inclinação, oposto ao de uma cratera vulcânica.

Cratera de impacto



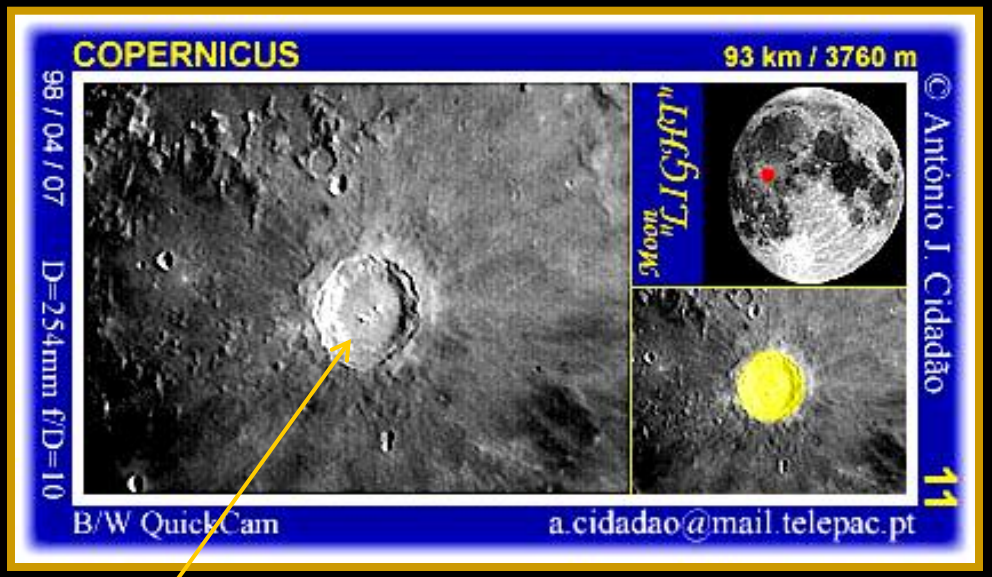
O que sabemos sobre formação de crateras?

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).

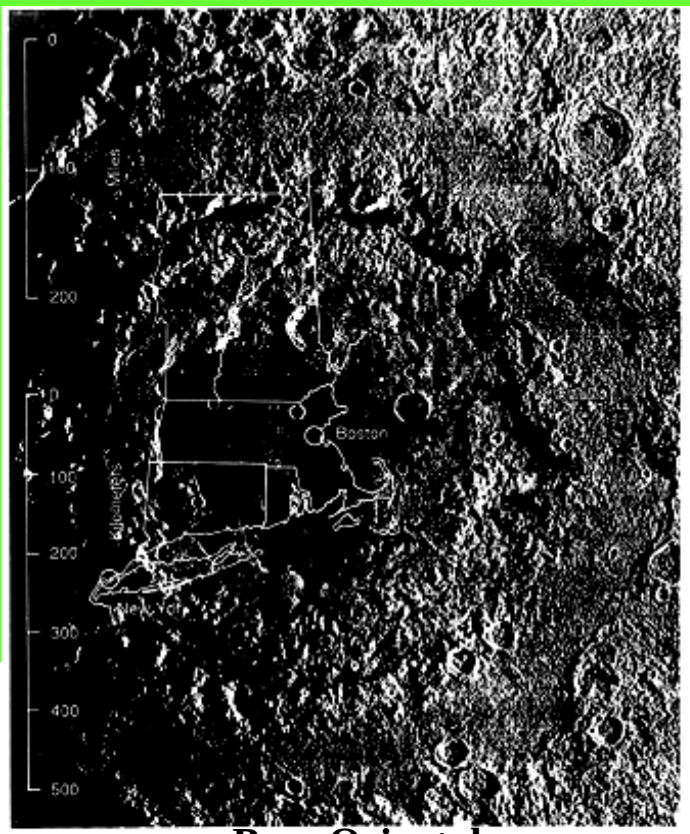
LUA: superfície (cratera de impacto)

Cratera de Impacto

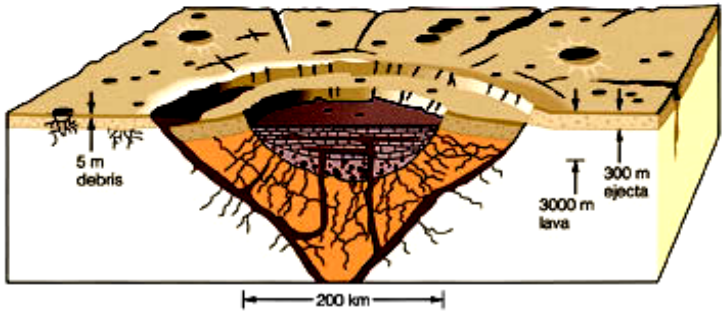


Pico central é uma característica das crateras de impacto complexas

- Base Oriental é uma cratera de impacto, multi-anelada.
- Lava foi liberada pela colisão, formando depósitos de material escuro ao longo das fraturas.
- Crateras como essa surgem de processo composto de impacto-e-vulcanismo.



Base Oriental



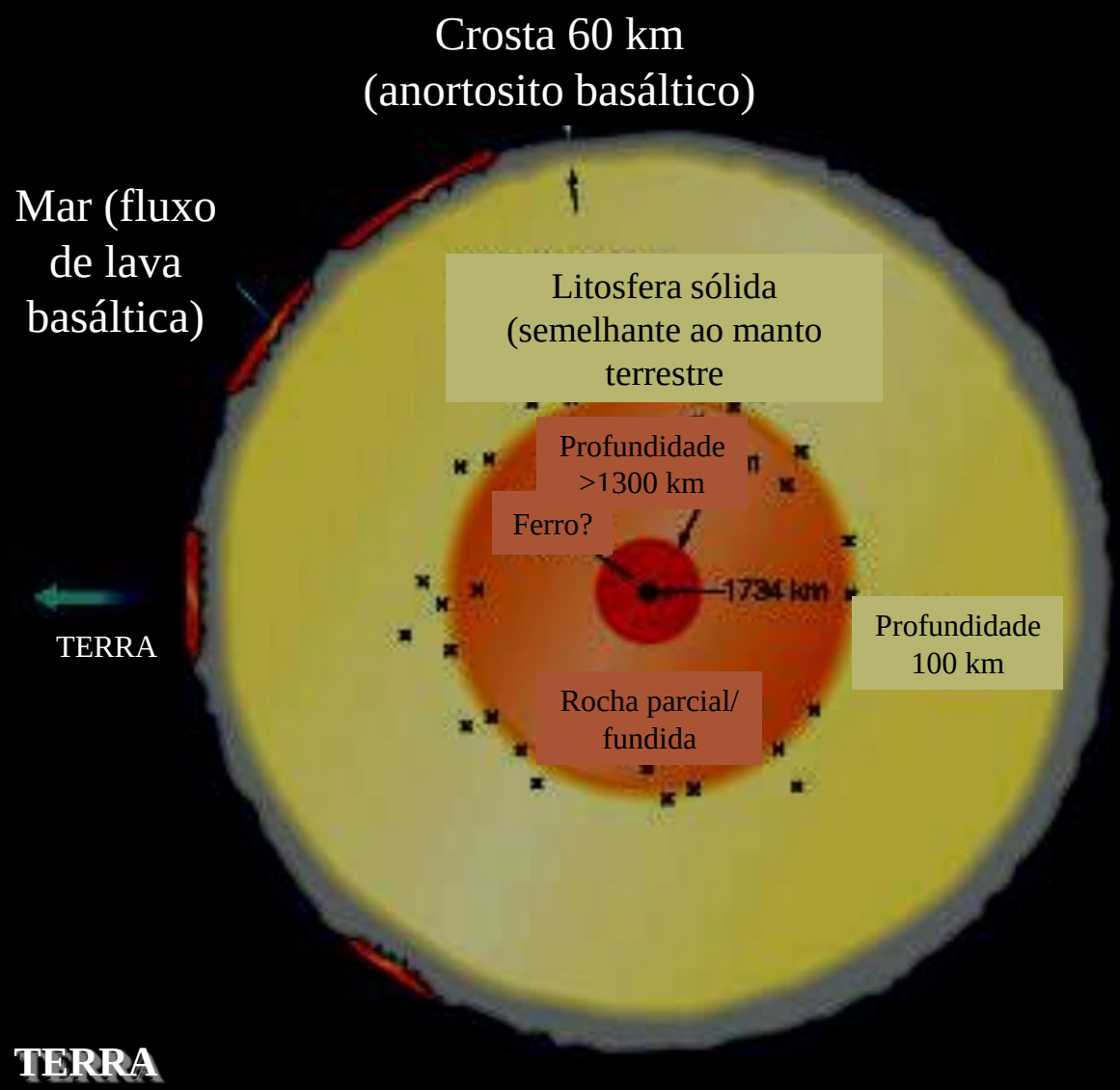
LUA: superfície (rochas lunares)

- **Mares**
  - Regiões mais escuras, e
  - Mais jovens (3 a 4 bilhões de anos).
  - Regiões de lavas solidificadas (rochas basálticas).
  - Terras baixas e superfície plana (primeiro pouso: Mar da Tranquilidade)

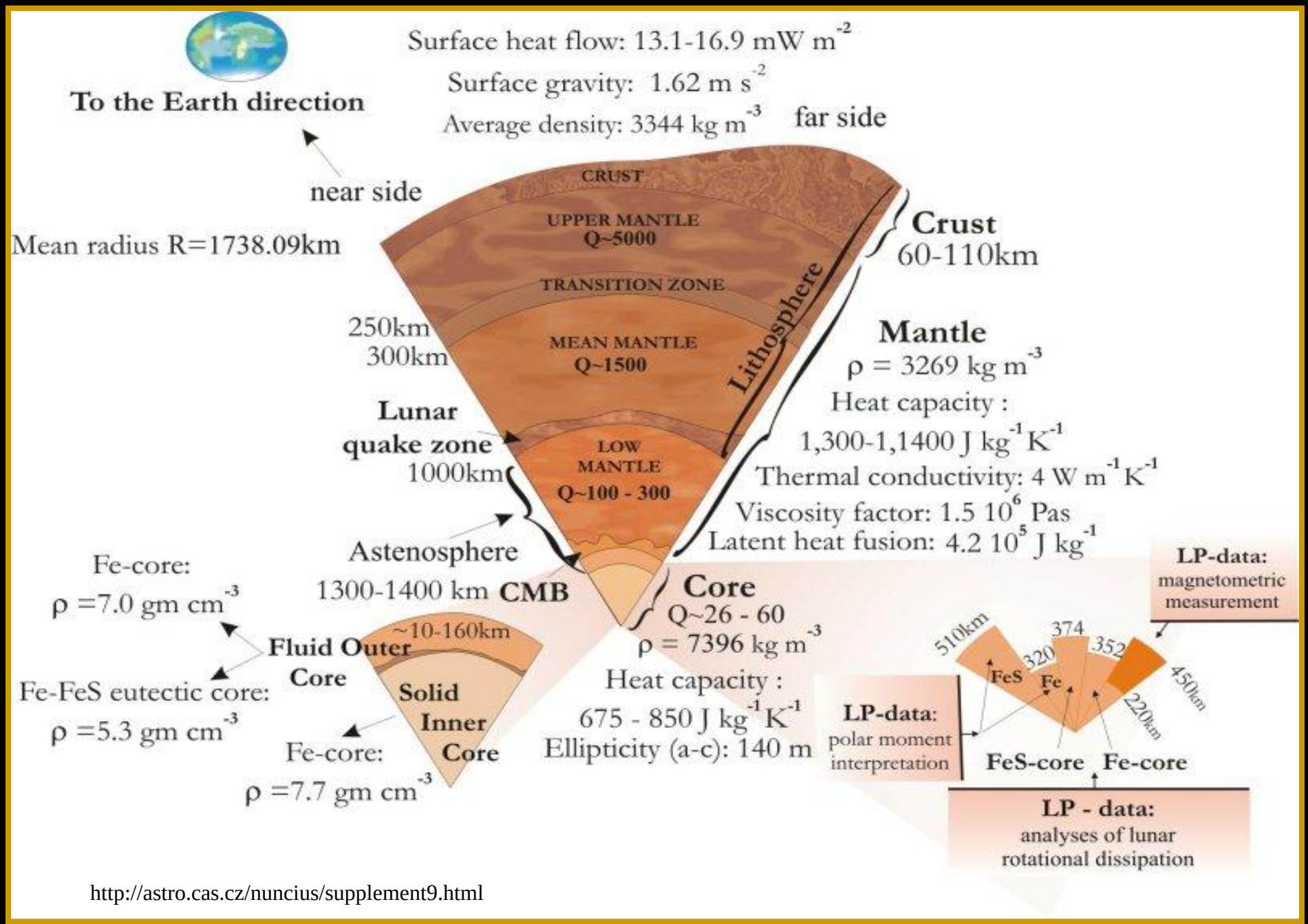
- **Continentes**
  - Regiões mais claras,
  - Mais velhas (4 a 4,5 bilhões de anos), e
  - Fortemente fragmentado por impactos de meteoróides (breccia: rochas compostas de fragmentos rochosos cimentados)

LUA: interior e composição química

Óxido	Terra (%)	Lua (%)
SiO_2	49.9	43.5
TiO_2	0.16	0.3
Al_2O_3	3.64	6.0
FeO	8.0	13.0
MgO	35.1	32.0
CaO	2.89	4.5
Na_2O	0.34	0.09
K_2O	0.02	0.01



LUA: interior e composição química



http://astro.cas.cz/nuncius/supplement9.html

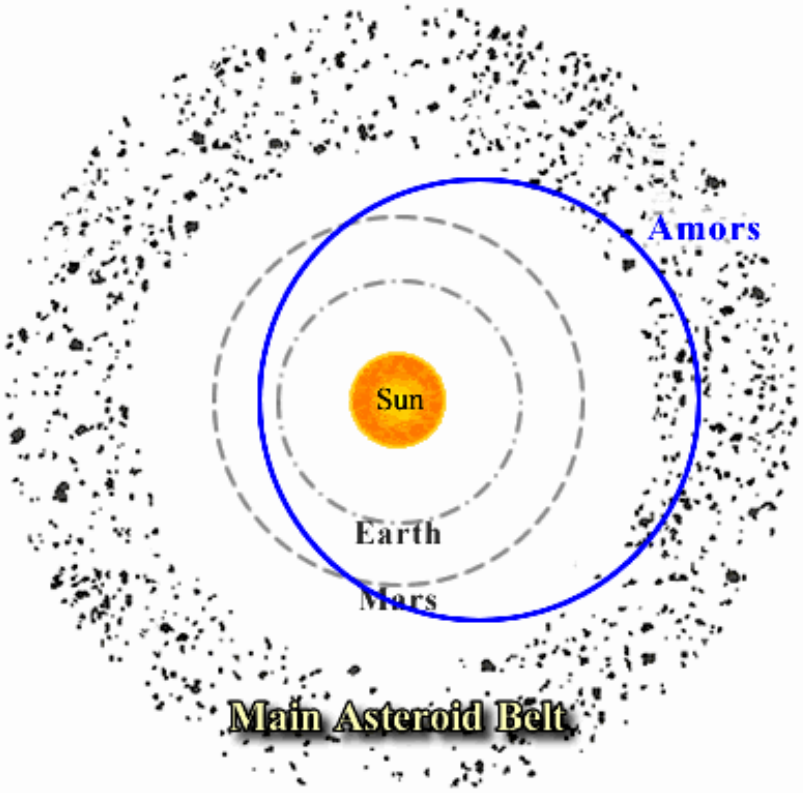
FOBOS: ~27x21x19 km, move-se de O para L, em ~7h39m, a 9378 km de Marte; Dens: ~2g/cm^3

MARTE: ~24h37m Dens: ~4g/cm^3

DEIMOS: ~15x12x11 km, move-se de L para O, em ~30h18m, a 23459 km de Marte; Dens: ~2g/cm^3

Rotações sincronizadas. Devido à maré, Fobos está se aproximando de Marte

Origem: provavelmente captura. Melhores candidatos: asteróides do grupo Amor



as órbitas sejam quase circulares e estejam ao plano equatorial marciano, há muita ntre as densidades médias deles e de Marte. nte sejam asteróides capturados.

JÚPITER: satélites

67 satélites

Nome(tamanho em km)

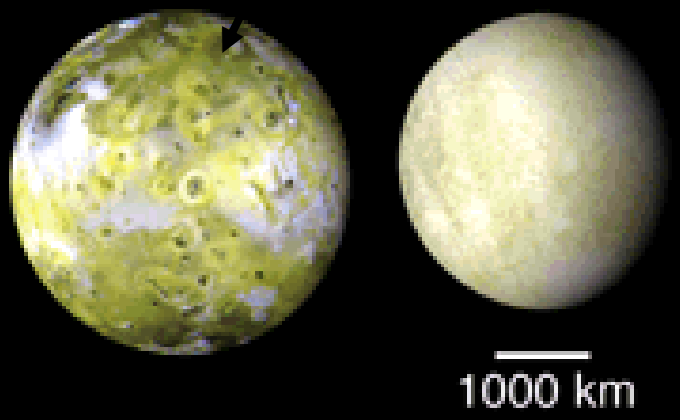
Io(1821.6), Europa(1560.8), Ganymede(1481.9), Callisto(2410.3), Metis(20),Andrastea(13x10x8), Amalthea(131x73x67),Thebe(55x45), Themisto(4), Leda(5), Himalia(85), Lysithea(12), Elara(40), S/2000 J11(2.0), Harpalyke(2.2), Praxidike(3.4), Iocaste(2.6), Ananke(10), Chaldene(1.9), Isonoe(1.9), Erinome(1.6), Taygete(2.5), Carme(15), Kalyke(2.6), Pasiphae(18), Megaclite(2.7), Sinope(14), Callirrhoe(4), Autonoe(2), Thyone(2), Hermippe(2), Eurydome(1.5), Sponde(1), Pasithee(1), Euanthe(1.5), Kale(11), Orthosie(1), Euporie(1) Aitne(1.5), S/2002 J1(1.5), S/2003 J1(4), S/2003 J2(2), S/2003 J3(2), S/2003 J4(2), S/2003 J5(4), /2003 J6(4), S/2003 J7(4), S/2003 J8(3), S/2003 J9(1), S/2003 J10(2), S/2003 J11(2), S/2003 J12(1), S/2003 J13(2), S/2003 J14 (2), S/2003 J15 (2), S/2003 J16(2), S/2003 J17(2), S/2003 J18(2), S/2003 J19(2), S/2003 J20(3), S/2003 J21(2)...

http://en.wikipedia.org/wiki/Moons_of_Jupiter

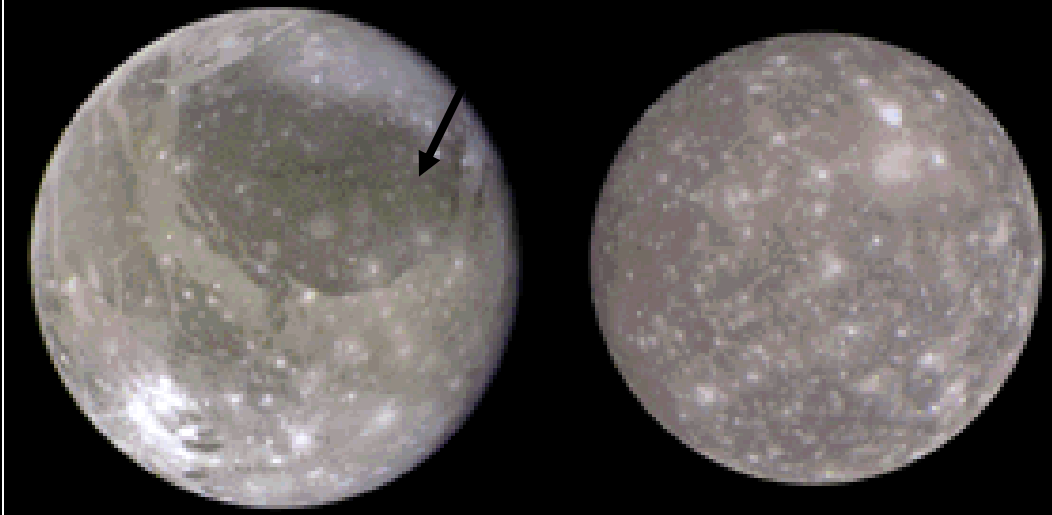
JÚPITER: satélites galileanos

Io	Europa	Ganimedes	Calisto
85,22 hr	171,71 hr	400,54 hr	período
|---------- 2:1 -------|			ressonância
|---------- 4:1 ----------|			

comparáveis à Lua



comparáveis à Mercúrio



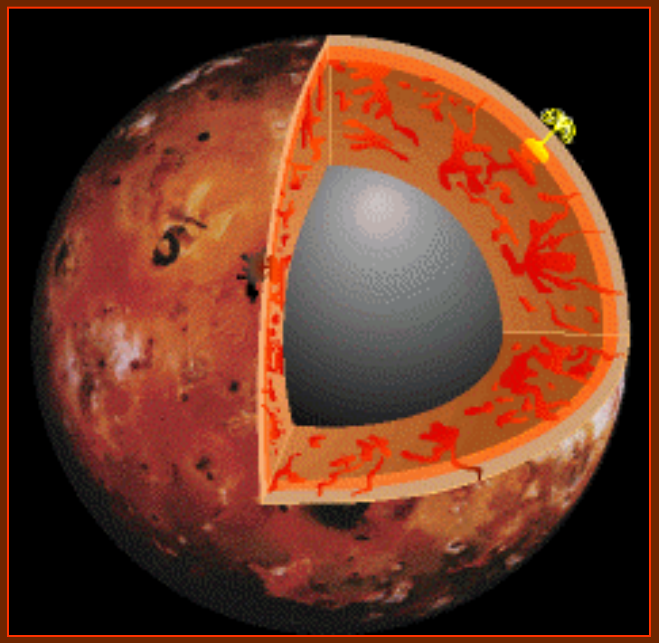
JÚPITER: satélites galileanos - IO

Raio: 1815 km

Densidade média: 3,53 g/cm^3, (o mais denso dos 4)

Órbita: 6 R_J (71540 km)

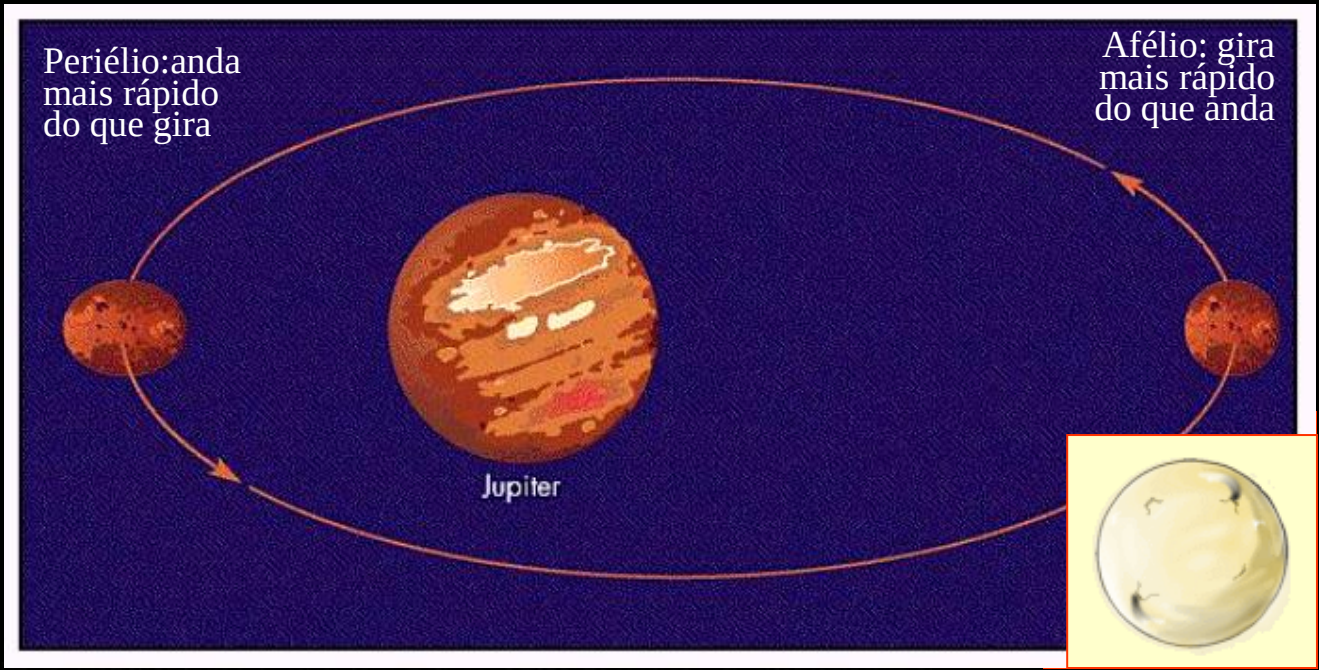
Temp.: -145 a -223 **(ºC)**



Características do interior são inferidas pela gravidade e campo magnético: núcleo metálico (ferro e níquel) circundado por camada rochosa que se extende até a superfície. (NASA – Galileo)

Densidade consistente com rocha, núcleo metálico, e crosta de sais de sódio e potássio, rico em enxofre. O Manto fundido contém enxofre, SO_2 e silicatos.

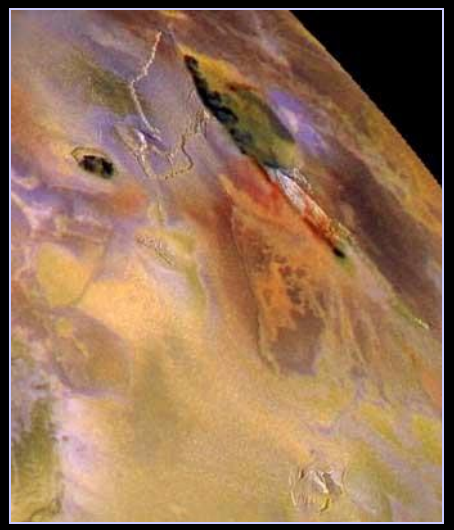
JÚPITER: satélites galileanos - IO



Atividade vulcânica mais intensa do Sistema Solar.

Marés em Io causam o vulcanismo: o movimento é sincronizado, mas a órbita é elíptica. Próximo do periastro e do apoastro o sincronismo desaparece e o satélite é contorcido.

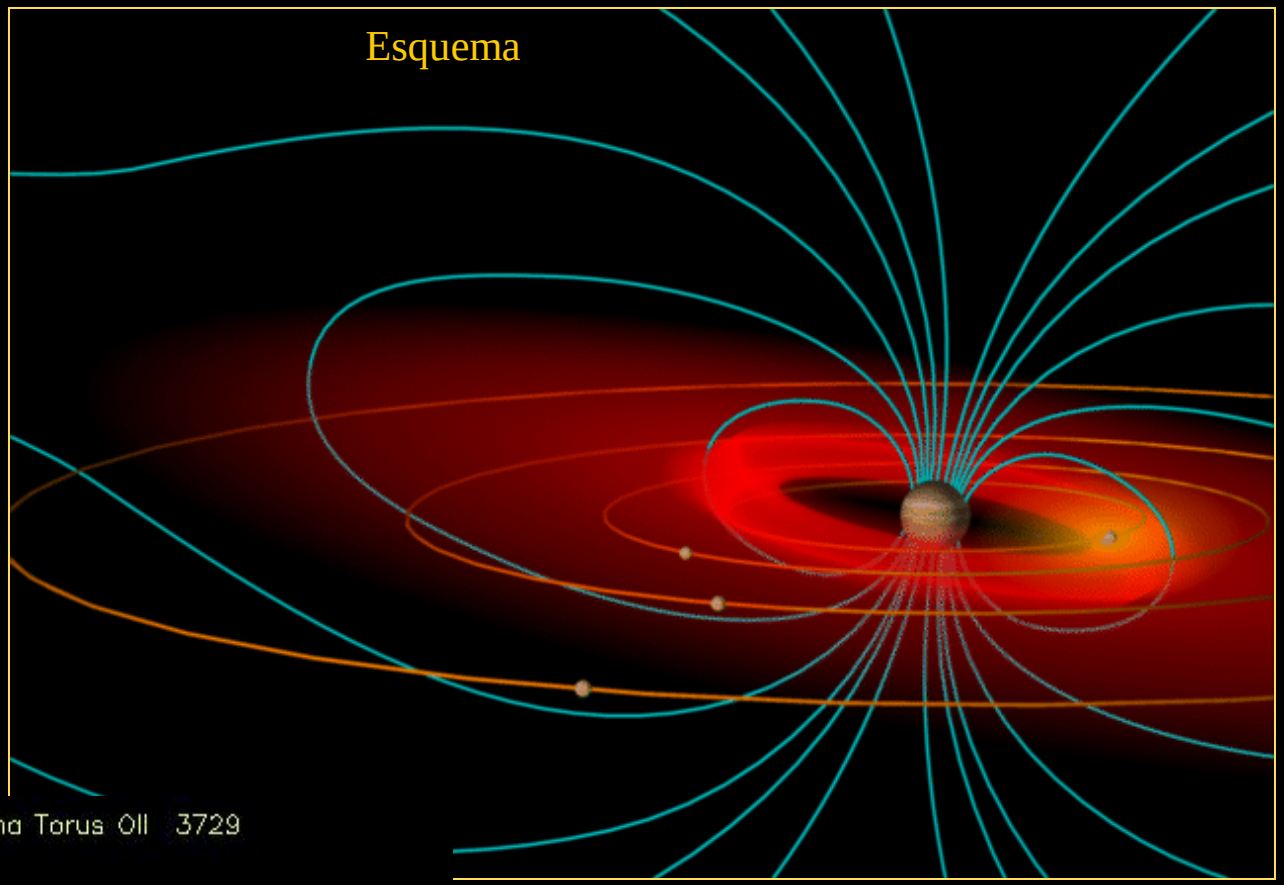
New Horizon



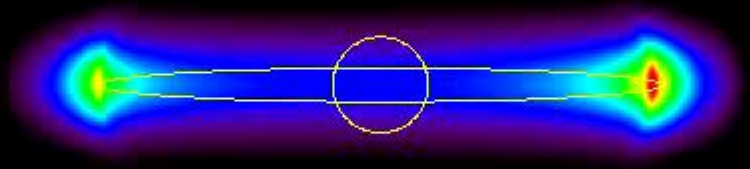
JÚPITER: satélites galileanos - IO

Partículas energéticas eletricamente carregadas da magnetosfera chocam-se com átomos neutros liberados da atmosfera de Io e os ioniza. Isso produz um toróide de plasma contendo íons pesados como O^+ e S^+, por onde Io orbita Júpiter.

Esquema



Io Plasma Torus OII 3729

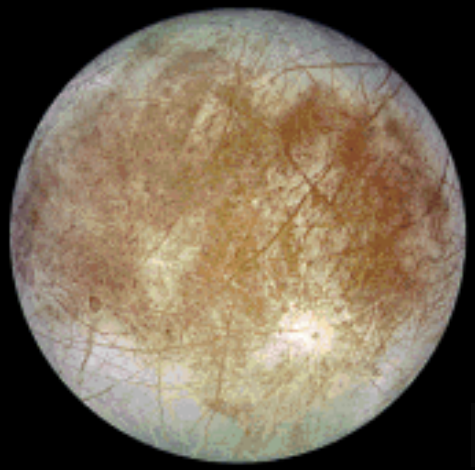


N.Thomas MPAE / R.Lieu CEA λ.= 200.0 SEP = −3.40

ganesh.colorado.edu/ nick/images.html

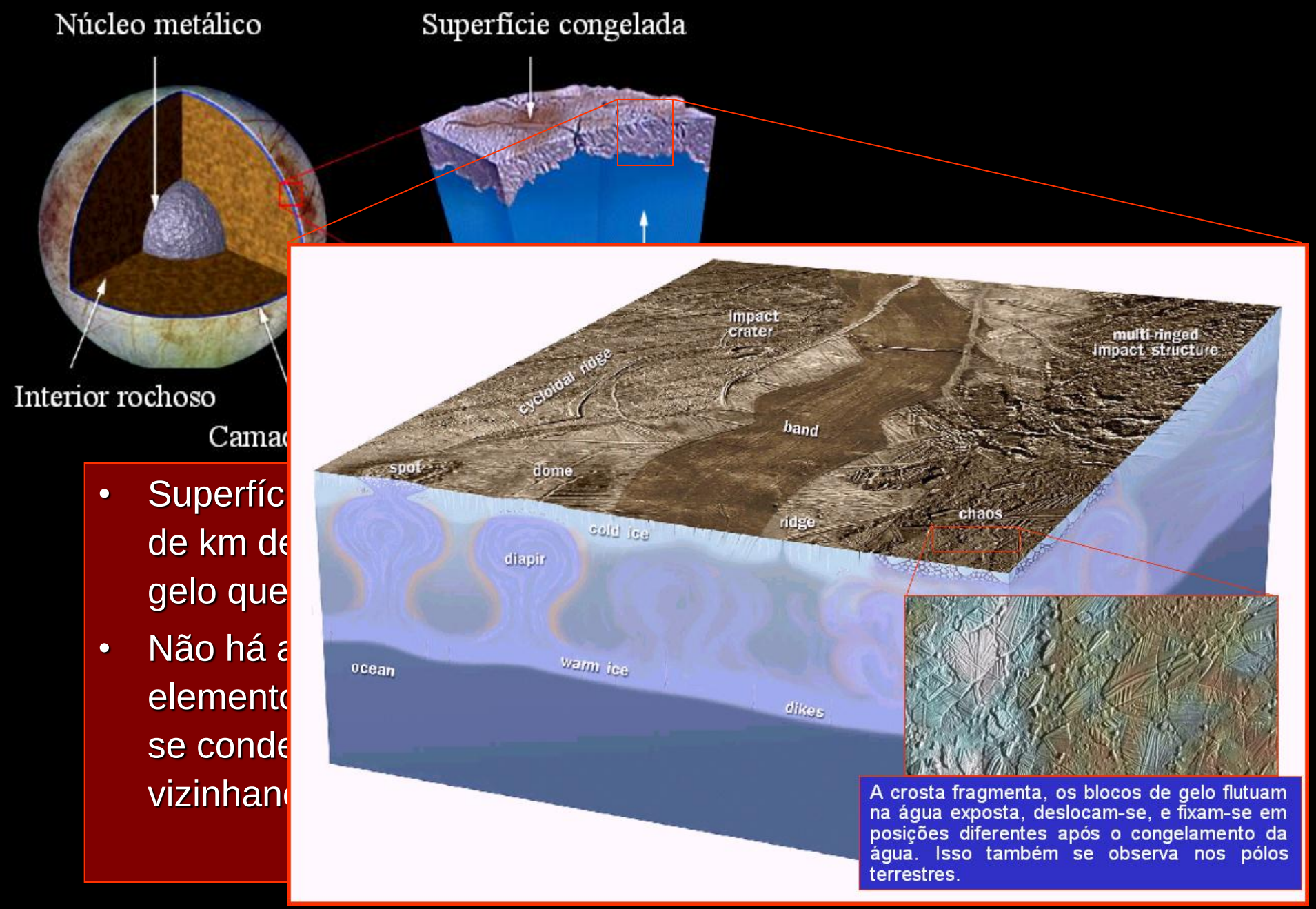
lasp.colorado.edu/.../present/ cassini/images/torus4.gif

JÚPITER: satélites galileanos - EUROPA



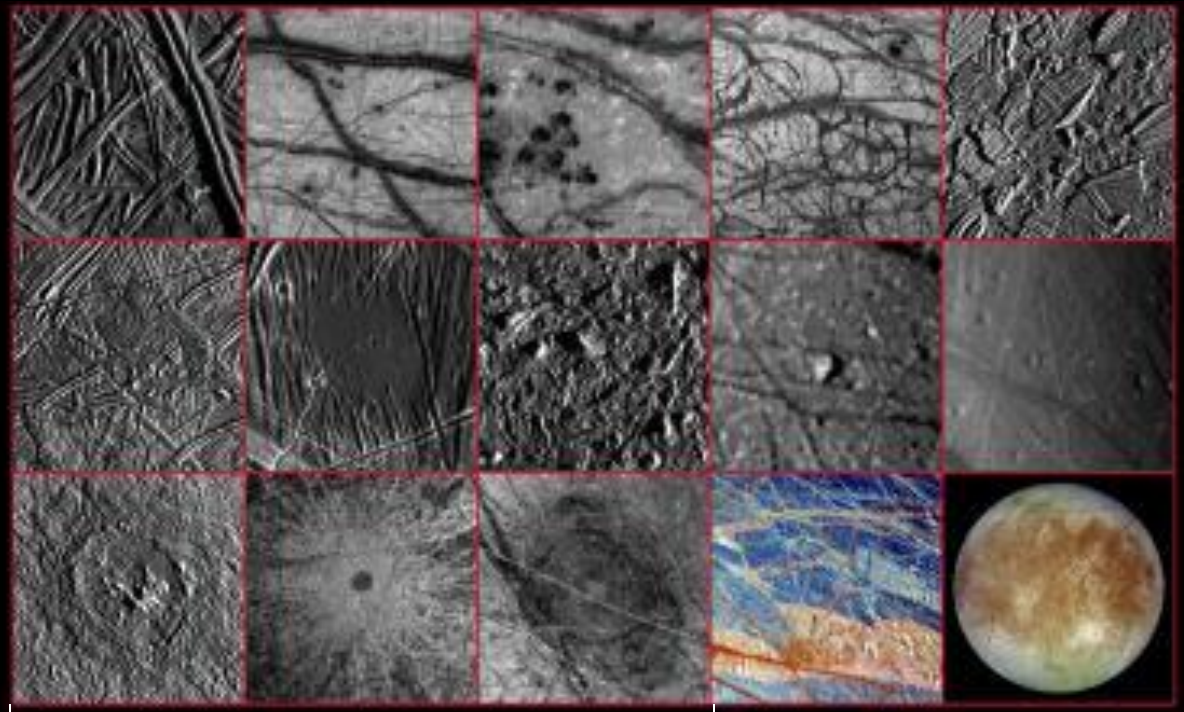
- Raio: 1565 km (pouco maior que a Lua)
- Densidade média: 3,03 g/cm^3.
- Raio Orbital: 9 R_J (R_J = 71.540 km).
- Refletividade da Superfície: 70%.
- Relêvo da superfície: alturas < 1 km.
- Temperatura da Superfície (^{0}C): < -180 (meio dia local)

JÚPITER: satélites galileanos - EUROPA

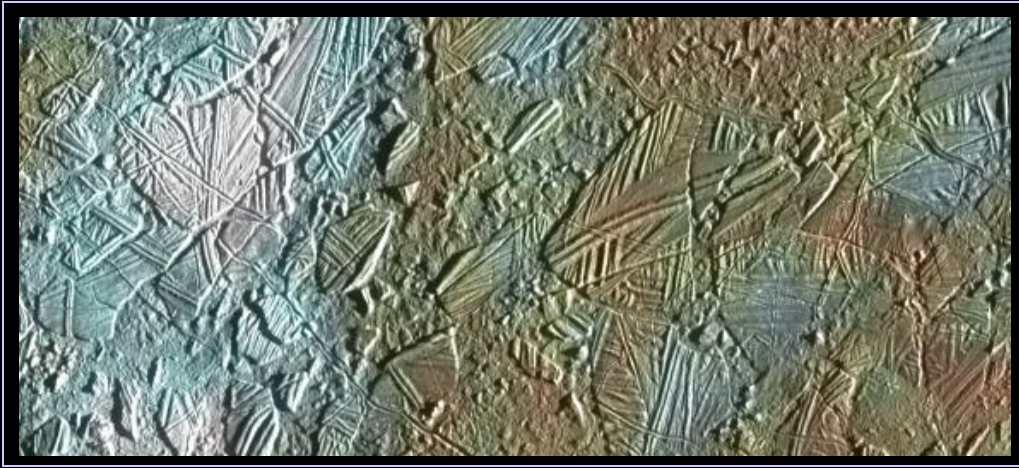


- Superfíc
  de km de
  gelo que
- Não há a
  elemento
  se conde
  vizinhan

JÚPITER: satélites galileanos - EUROPA



Crateras de colisão

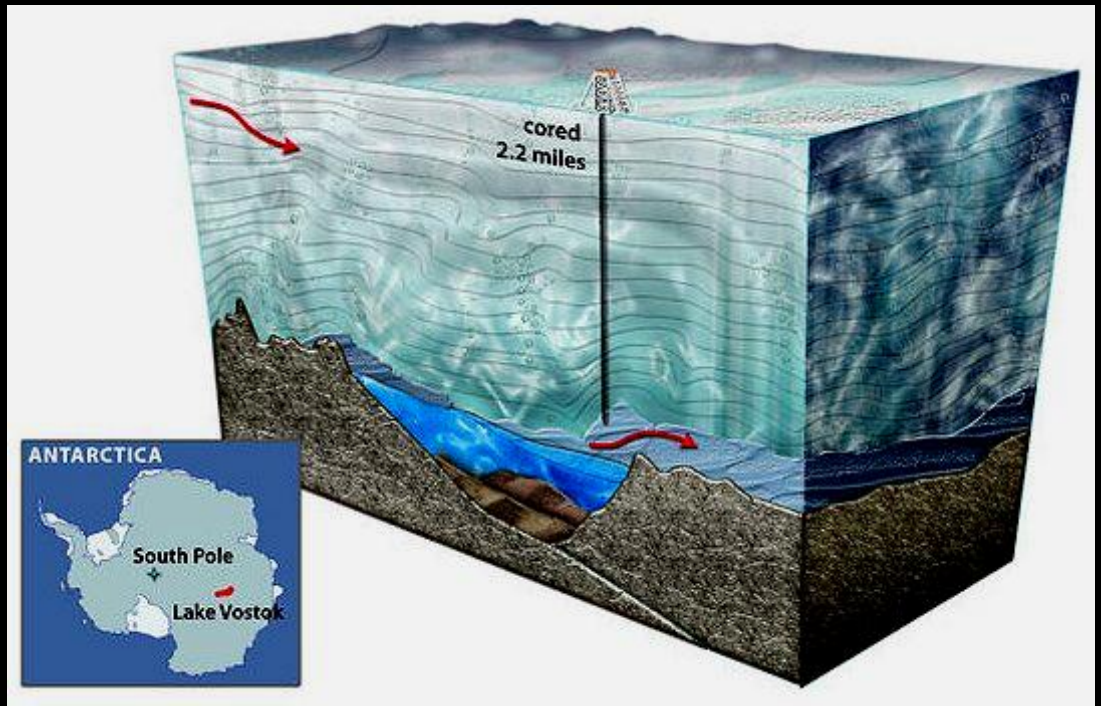


A crosta se fragmenta, os blocos de gelo flutuam na água exposta, deslocam-se, e fixam-se em posições diferentes após o congelamento da água. Isso também se observa nos pólos terrestres.

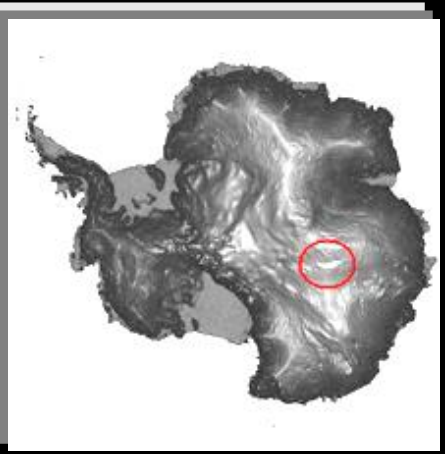
Europa: um mundo de água

Europa seria assim?

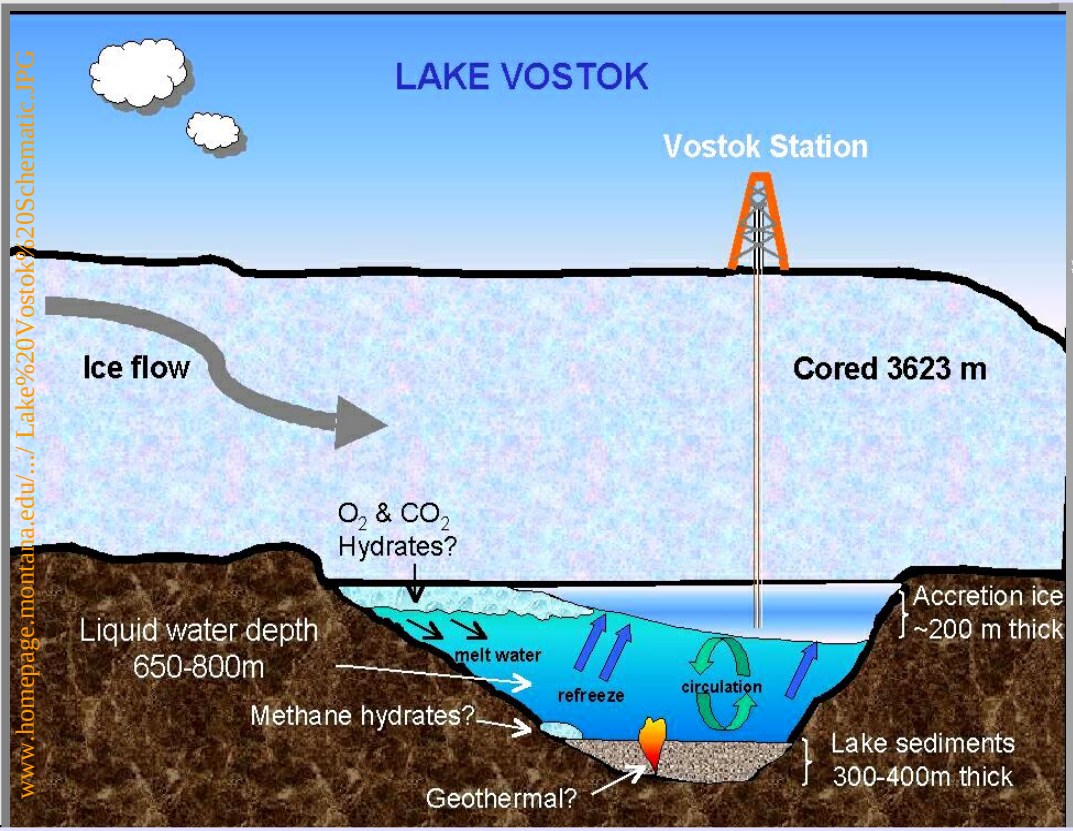
Fontes hidrotermais terrestres



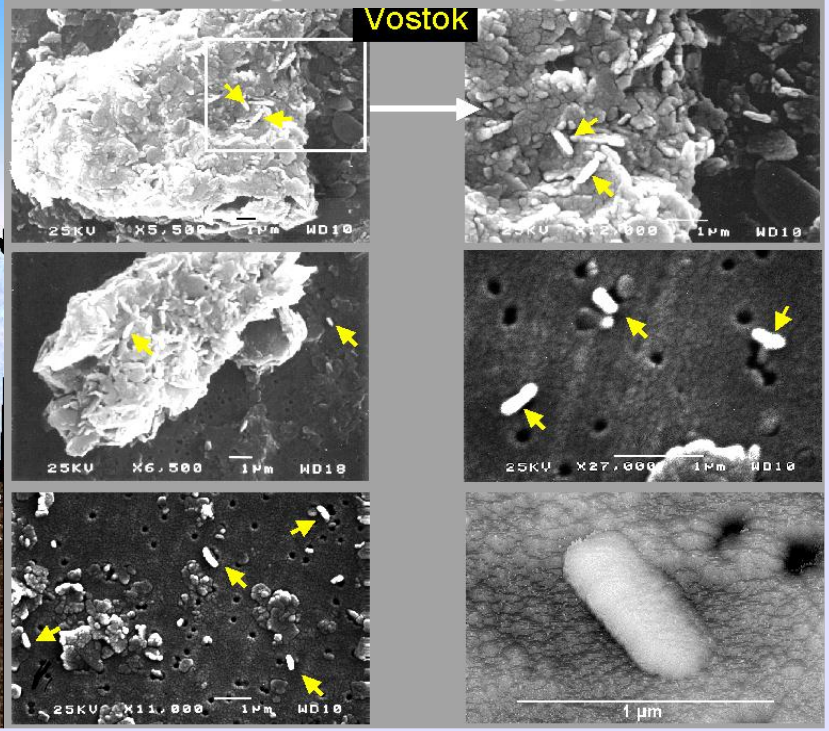
LAGO VOSTOK (Antártica)



- Lago Vostok, localizado na Antártica, a aproximadamente 4 km abaixo da superfície congelada.
- Desperta grande interesse à geofísica e à biologia: será que contém vida microscópica?
- Como explorar o lago sem contaminá-lo?
- Ele é o principal laboratório para planejarmos uma eventual exploração do presumível oceano de Europa.

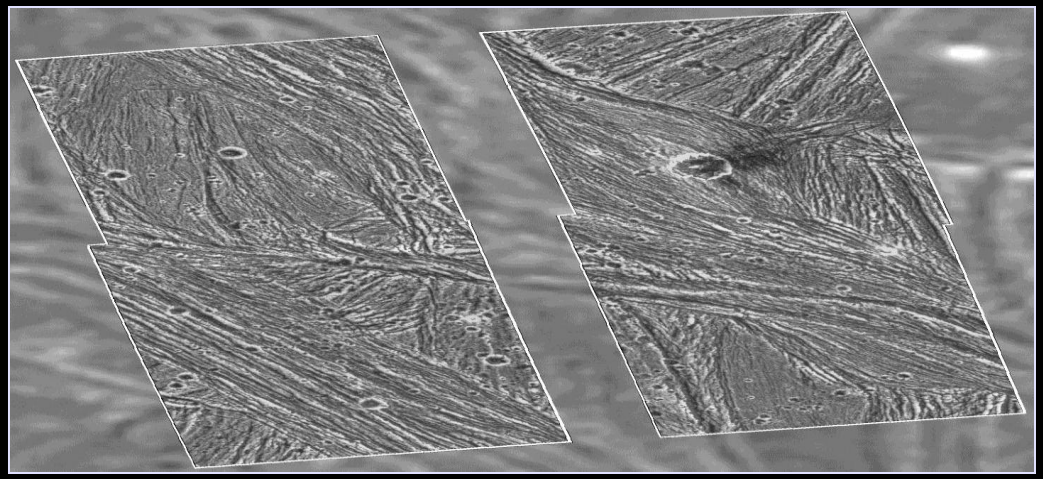


Encontrados na capa congelada que recobre o lago.

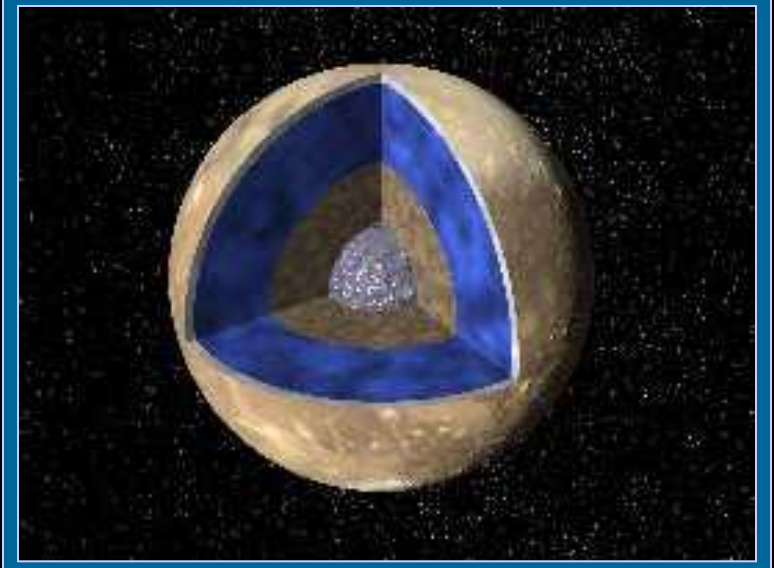


JÚPITER: satélites galileanos - GANIMEDES

- R_{Gn} = 2630 km (bem maior que a Lua; maior que Mercúrio (2440 km)
- r_{Gn} = 1,93 g/cm^3, o terceiro satélite mais denso entre os Galileanos.
- Raio orbital » 15 R_J (R_J = 71.540 km)
- Baixa densidade
  - Talvez seja composto primordialmente por gelos, e 50% por água.



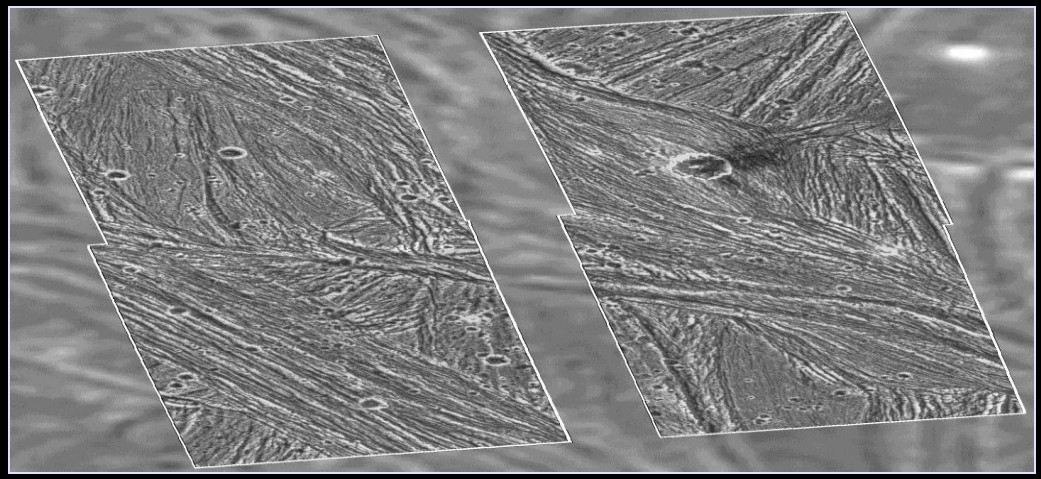
JÚPITER: satélites galileanos - GANIMEDES



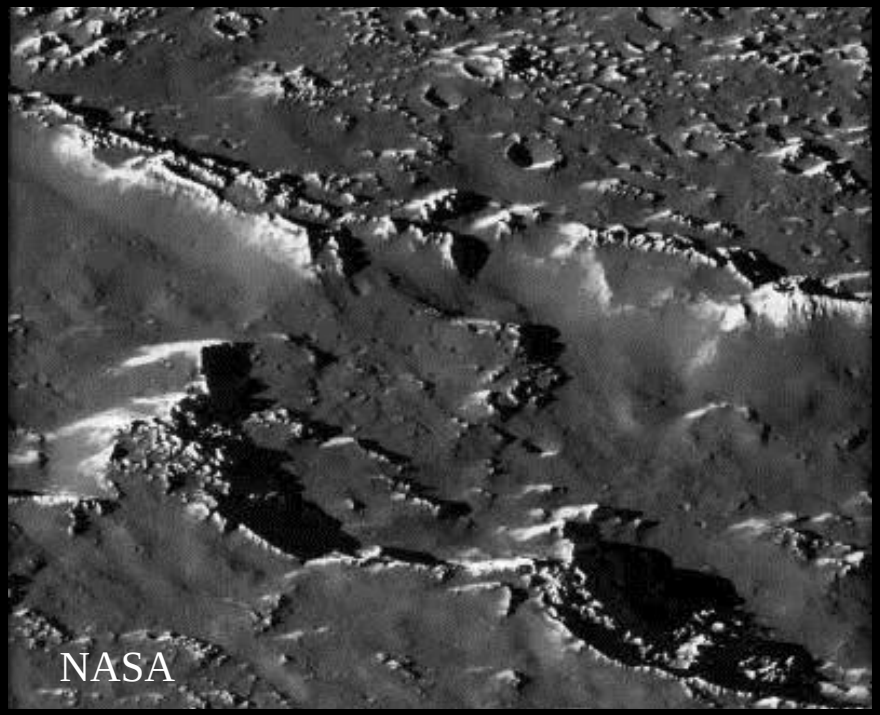
Interior formado por pequeno núcleo metálico, manto rochoso, superfície congelada (rica em água), recoberta por fina camada rica em sais eletricamente condutora.

Sonda Galileo detectou forte campo magnético, possivelmente um indicativo de que seu núcelo metálico não seja congelado, mas aquecido.

- R_{Gn} = 2630 km (bem maior que a Lua; maior que Mercúrio (2440 km))
- r_{Gn} = 1,93 g/cm^3, o terceiro satélite mais denso entre os Galileanos.
- Raio orbital » 15 R_J (R_J = 71.540 km)
- Baixa densidade
  - Talvez seja composto primordialmente por gelos, e 50% por água.

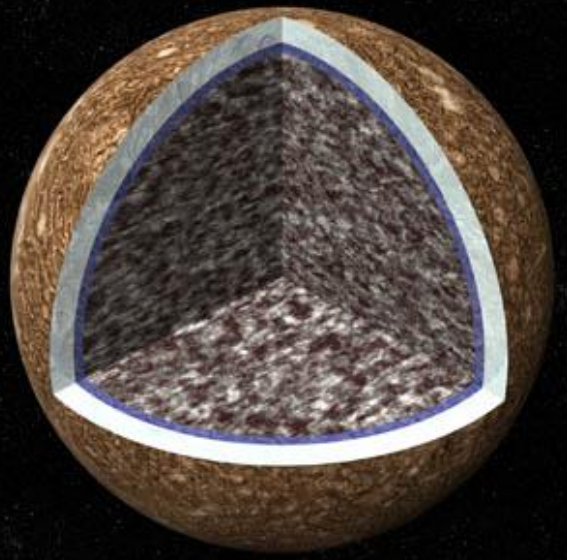


JÚPITER: satélites galileanos - CALISTO



- Raio = 2450 km (muito maior que a Lua, comparável a Mercúrio - 2440 km)
- Raio orbital » 25 R_J (R_J = 71.540 km), o mais distante dentre os Galileanos.
- Densidade = 1,79 g/cm^3, o menos denso dos satélites Galileanos.

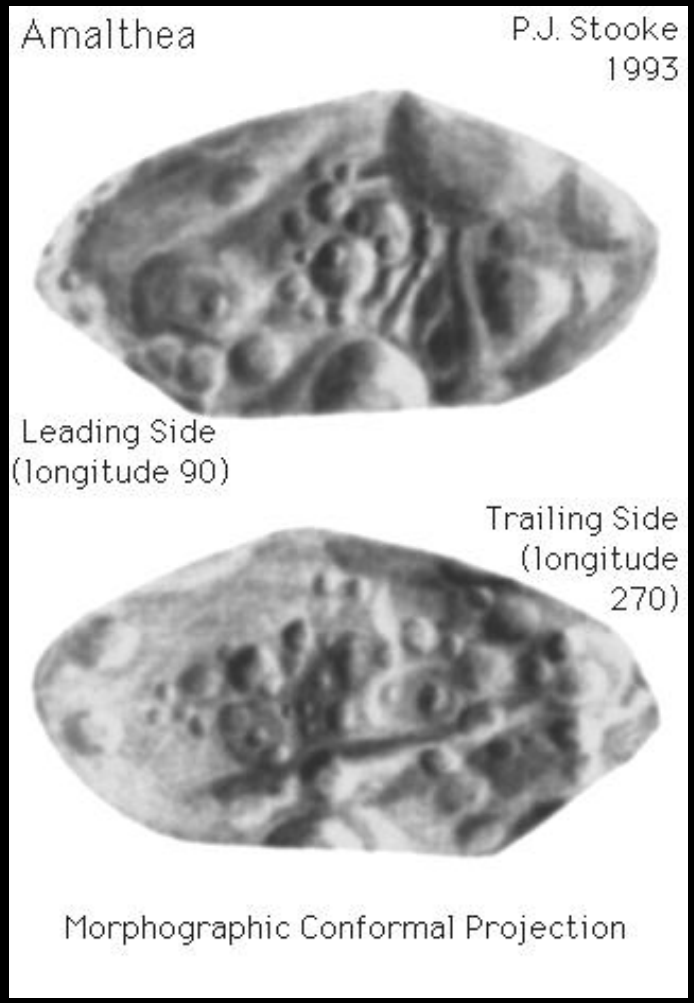
JÚPITER: satélites galileanos - CALISTO



NASA

- Crosta com ~ 200 km.
- Oceano de água salgada, até 10 km abaixo da crosta.
- Interior de rocha e gelo comprimidos, com abunadância de rocha crescendo para o centro.
- Composição: ~ 40% de gelo e 60% de rocha e ferro.

JÚPITER: satélites galileanos - AMALTÉIA



NASA

SATURNO

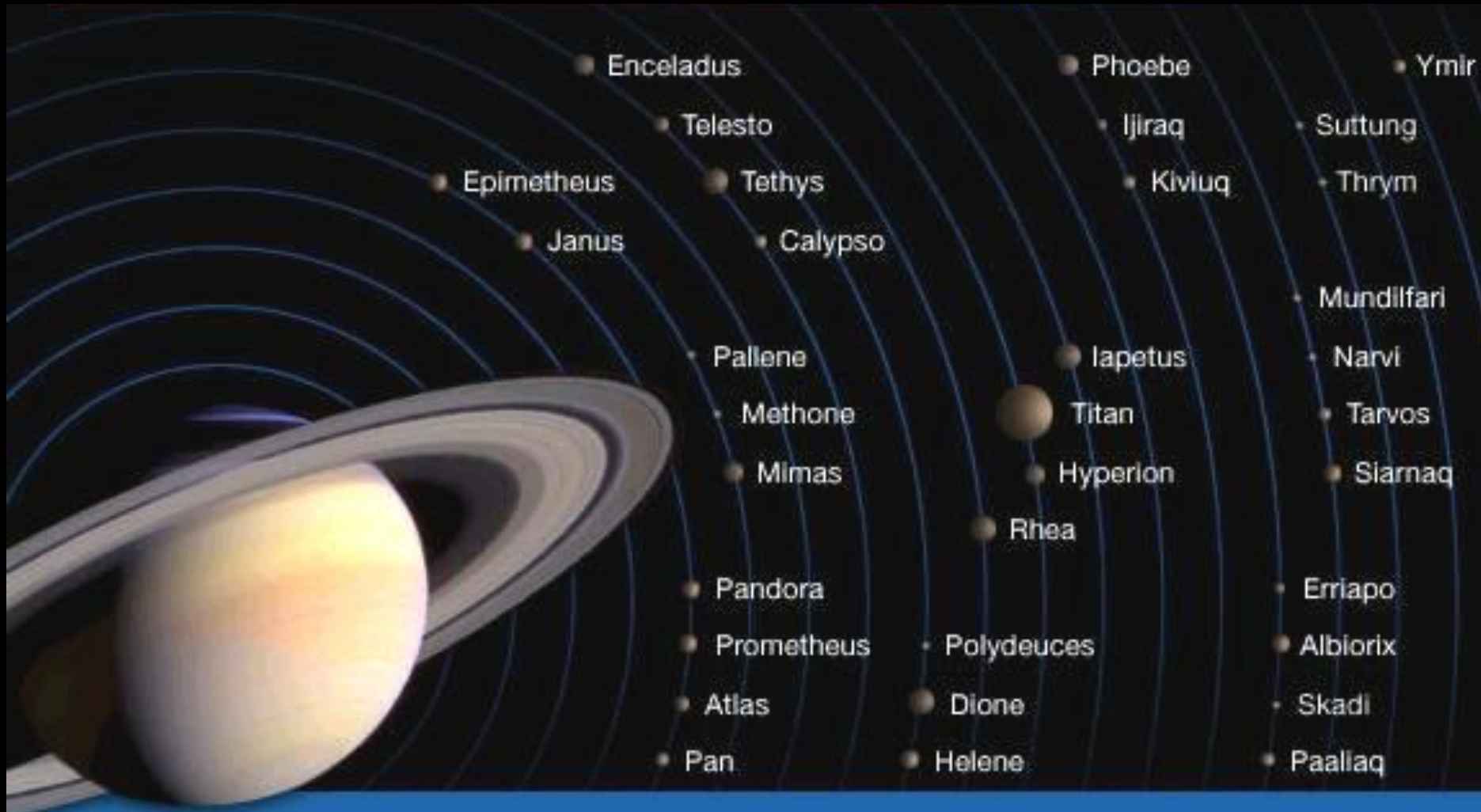
61 satélites

Nome(tamanho em km)

Mimas(209x196x191), Enceladus(256x247x245), Tethys(536x528x526), Dione(560), Rhea(764), Titã(2.575), Hyperion(185x140x113), Iapetus(718), Pan(10), Atlas(18.5x17.2x13.5), Prometheus(74x50x34), Pandora(55x44x31), Epimetheus(69x55x55), Janus(97x95x77), Calypso(15x8x8), Telesto(15x12.5x7.5), Helene(18x16x15), Phoebe(115x110x105), Ymir(~8), Paaliaq(~10), Siarnaq(~16), Tarvos(~7), Kiviuq(~7), Ijiraq(~5), Thrym(~3), Skadi(~3), Mundilfari(~3), Erriapo(~4), Albiorix(~13), Suttung(~3), S/2003 S1(~3), S/2004 S1(~3), S/2004 S2(~4)...

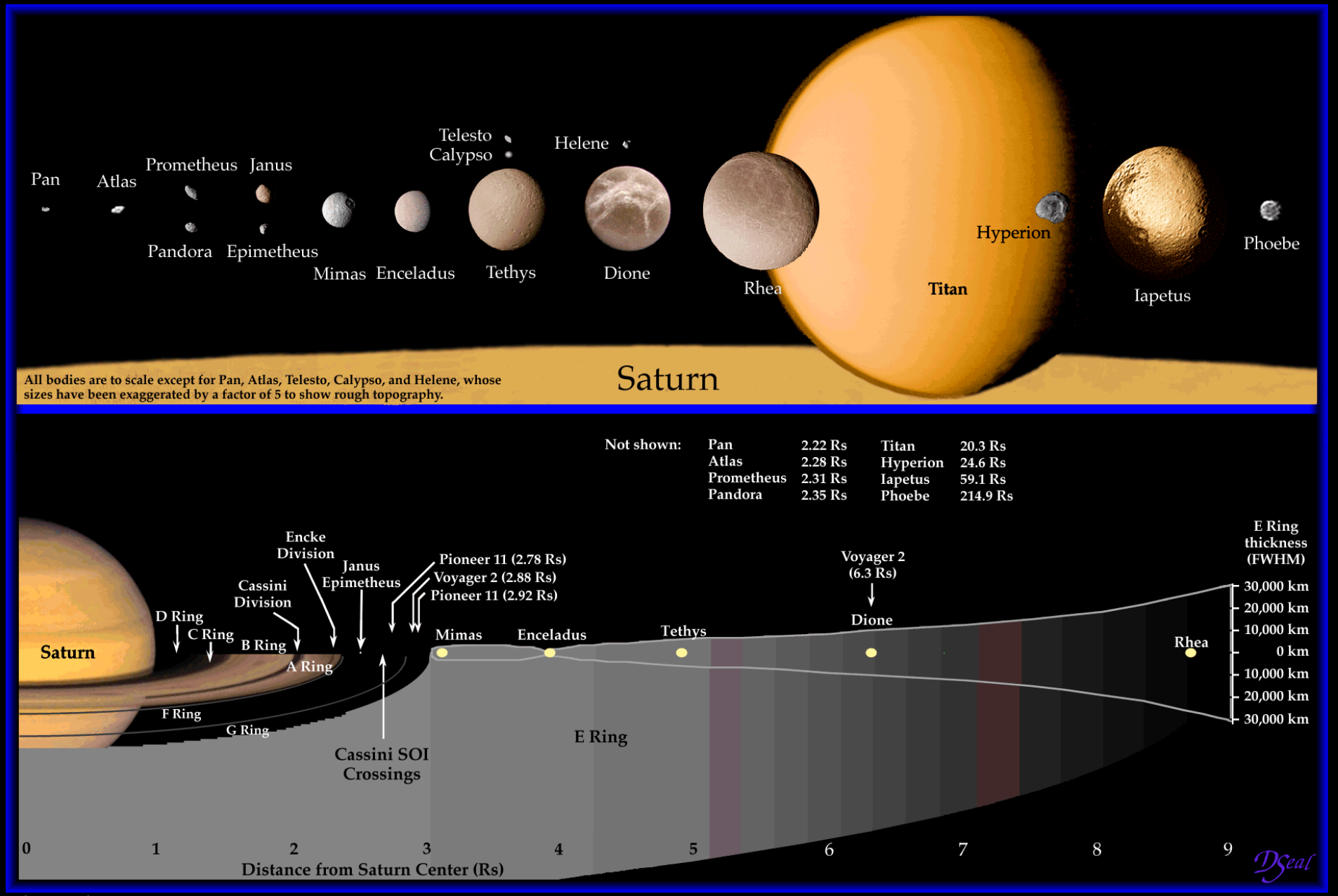
http://en.wikipedia.org/wiki/Moons_of_Saturn

SATURNO – satélites principais



Saturno e seus 34 satélites que têm nomes oficiais (NASA)

SATURNO – satélites principais



This graphic is available in color if required.

http://ringmaster.arc.nasa.gov/saturn/images/ring_sat.gif

SATURNO – satélites principais

Apenas Titã tem atmosfera apreciável, com espessura suficiente para esconder detalhes de sua superfície . Muitos dos satélites têm rotação síncrona (mostram sempre a mesma face para o planeta). Isto só ocorre quando os períodos de rotação e translação são iguais.

As órbitas dos satélites são quase circulares e localizam-se praticamente no plano equatorial de Saturno. Indicativo de que foram formados no local. As duas exceções são Japeto e Febe.

Todos os satélites têm densidade menor que 2 g/cm^3 (o dobro da densidade da água). Isto pode ser um indicativo de que eles sejam compostos por 30 a 40% de rochas e 60 a 70% de água gelada.

A maioria dos satélites reflectem 60 a 90% da luz incidente. Os quatro satélites exteriores refletem menos do que isto e Febe reflete apenas 2% da luz incidente.

SATURNO – satélites principais

Meet the Satellites: Saturn

Satellite	*Radius (km)*	*Comments*
Saturn		
Atlas	20 × 10	Near A ring
Prometheus	70 × 50 × 50	Inner F ring shepherd satellite
Pandora	55 × 45 × 35	Outer F ring shepherd satellite
Epimetheus	70 × 60 × 50	Twin of Janus
Janus	110 × 100 × 80	Co-orbits with Epimetheus
Mimas	196	Large crater Herschel
Enceladus	250	Very reflective, extensively resurfaced
Tethys	530	Large, long Ithaca Chasma
Calypso	17 × 11 × 11	Co-orbits with Telesto and Tethys
Telesto	17 × 14 × 13	Co-orbits with Calypso and Tethys
Dione	560	Wispy pattern on surface
Helene	18 × 16 × 15	Co-orbits with Dione
Rhea	765	Relatively large, somewhat complex surface
Titan	2575	Large moon with thick nitrogen atmosphere
Hyperion	205 × 130 × 110	Chaotic tumbler
Iapetus	730	Two faces, one icy and one dark
Phoebe	110	Retrograde orbit; captured asteroid?

Tabela mais completa e precisa: http://www.dtm.ciw.edu/sheppard/satellites/satsatdata.html

SATURNO – TITÃ

Atmosfera mais espessa dentre os satélites, impede a observação da superfície

À bordo da sonda Cassini, a sonda de prova Huygens foi lançada sobre Titan em 2004

2575 km

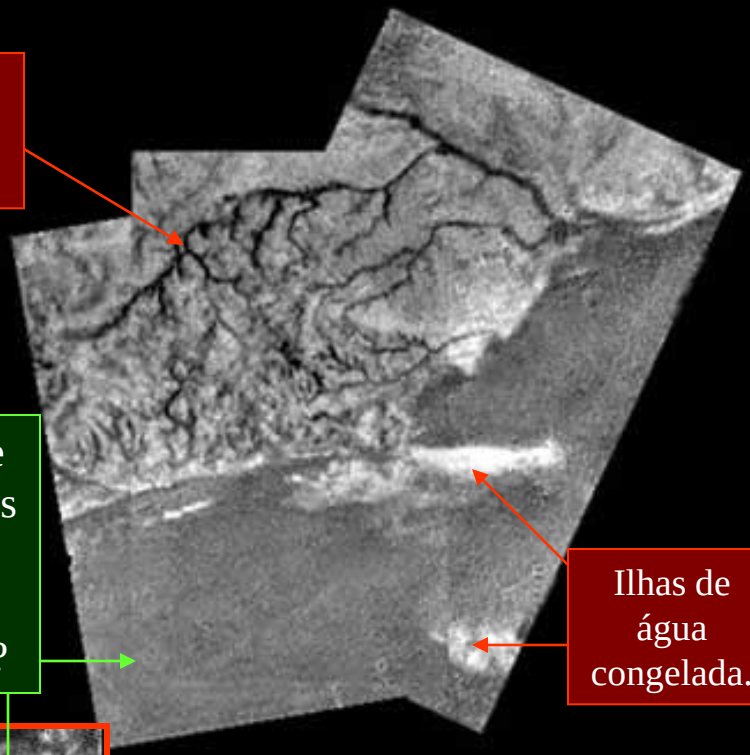
Visão artística do pouso

NASA

SATURNO – TITÃ

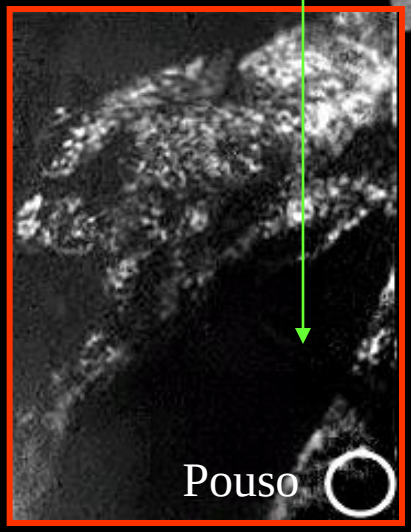
Huygens: pousou em 14/01/2005

Canais de erosão produzidos por metano líquido



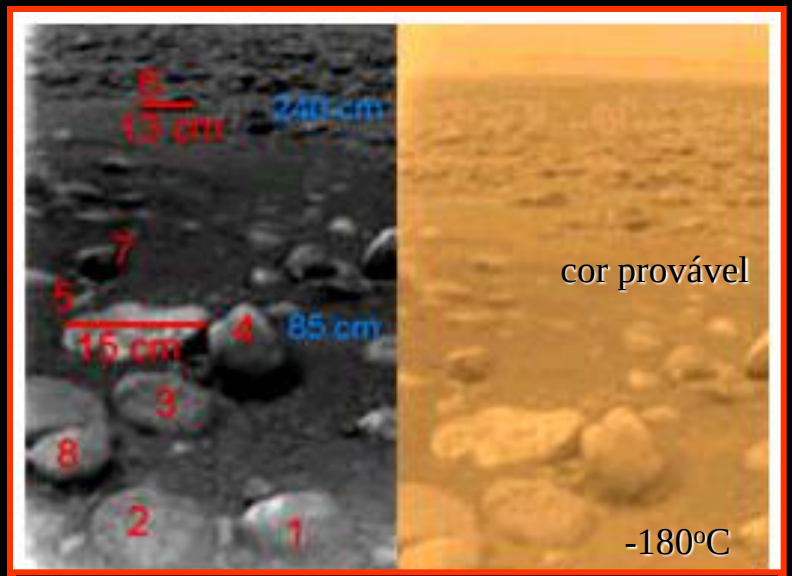
Lago: lama de hidrocarbonetos Temperatura próxima a de congelamento?

Ilhas de água congelada.

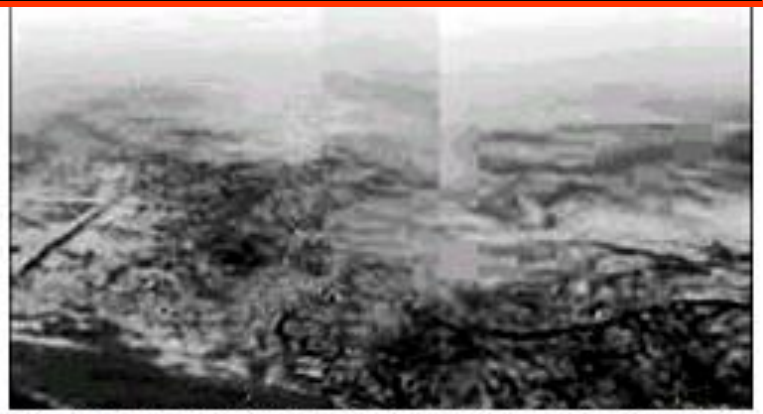


^{40}Ar da atmosfera pode ter originado de atividade vulcânica, não de lava mas de água e amônia.

Solo não contém silicato, mas gelo sujo de água. Aquecido pela sonda liberou bolhas de gás metano.



Solo úmido macio & blocos congelados

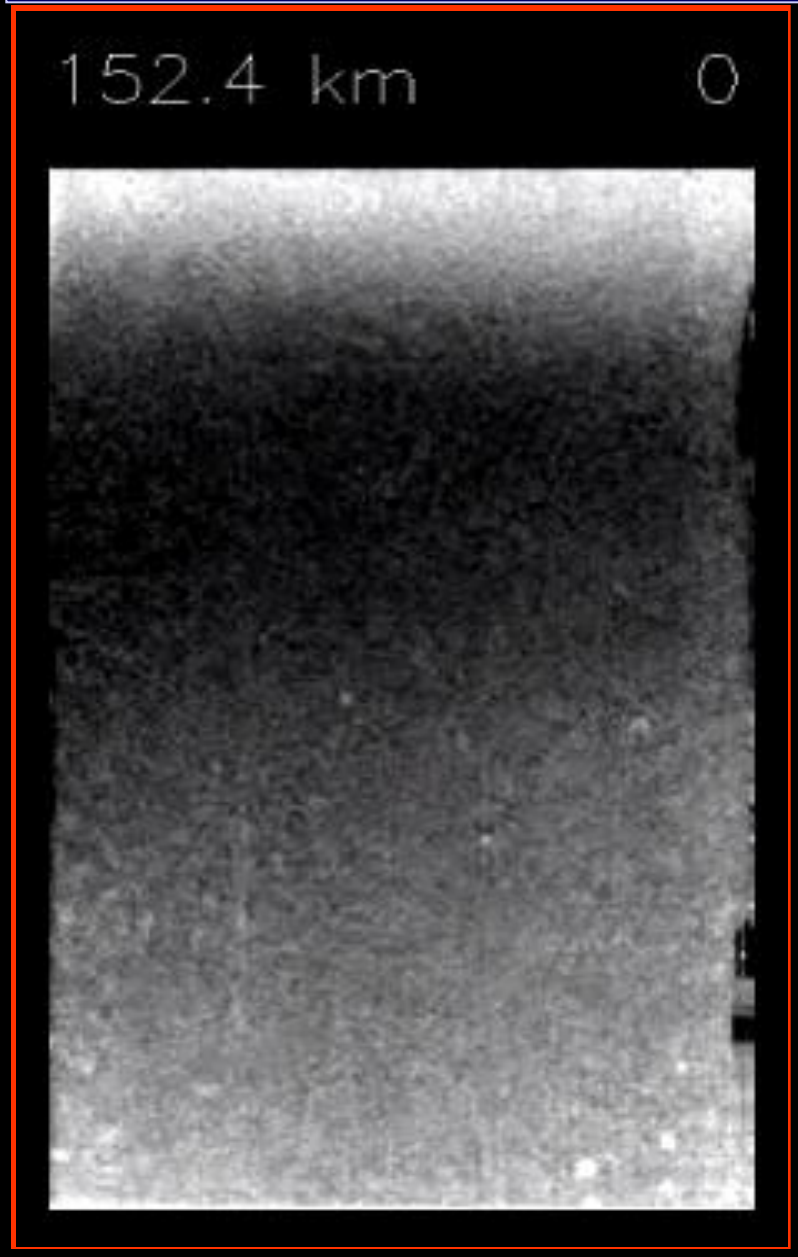


No alto, a primeira imagem do solo de Titã, com dados sobre o tamanho dos objetos e com a provável cor predominante na atmosfera; abaixo, imagem tomada a 8km de altitude.

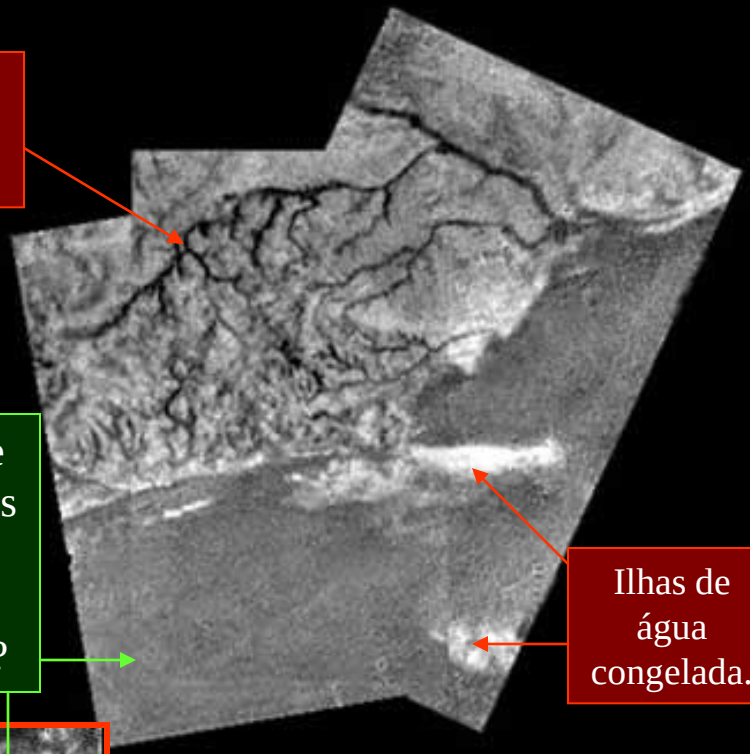
SATURNO – TITÃ

Huygens: pousou em 14/01/2005

Eco [intervalo e intensidade aumentam com aproximação]

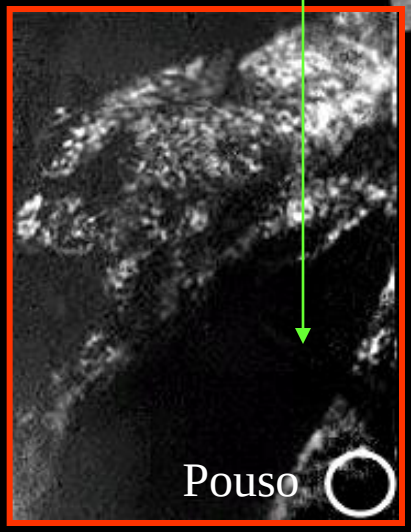


Canais de erosão produzidos por metano líquido



Lago: lama de hidrocarbonetos Temperatura próxima a de congelamento?

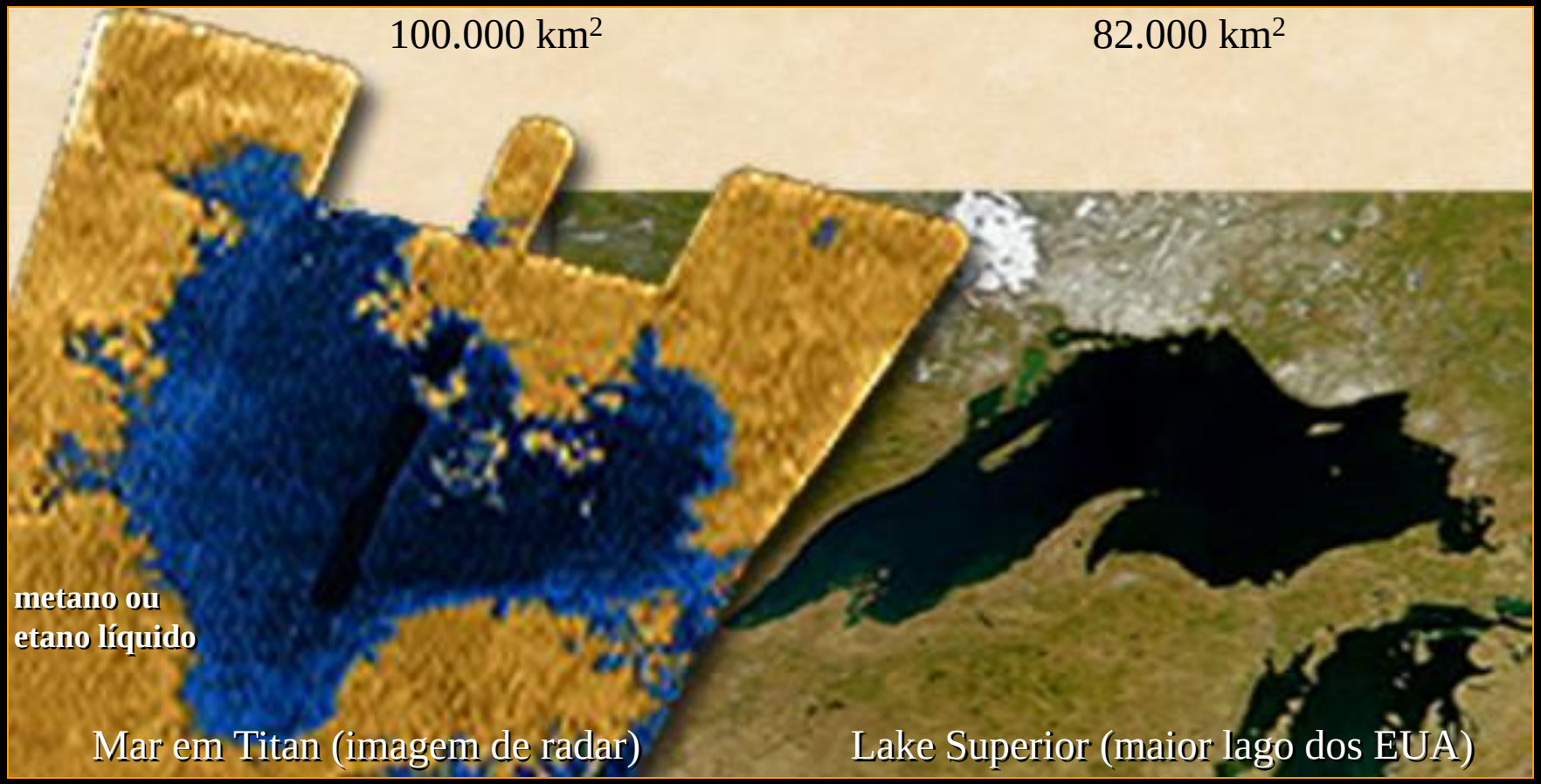
Ilhas de água congelada.



^{40}Ar da atmosfera pode ter originado de atividade vulcânica, não de lava mas de água e amônia.

Solo não contém silicato, mas gelo sujo de água. Aquecido pela sonda liberou bolhas de gás metano.

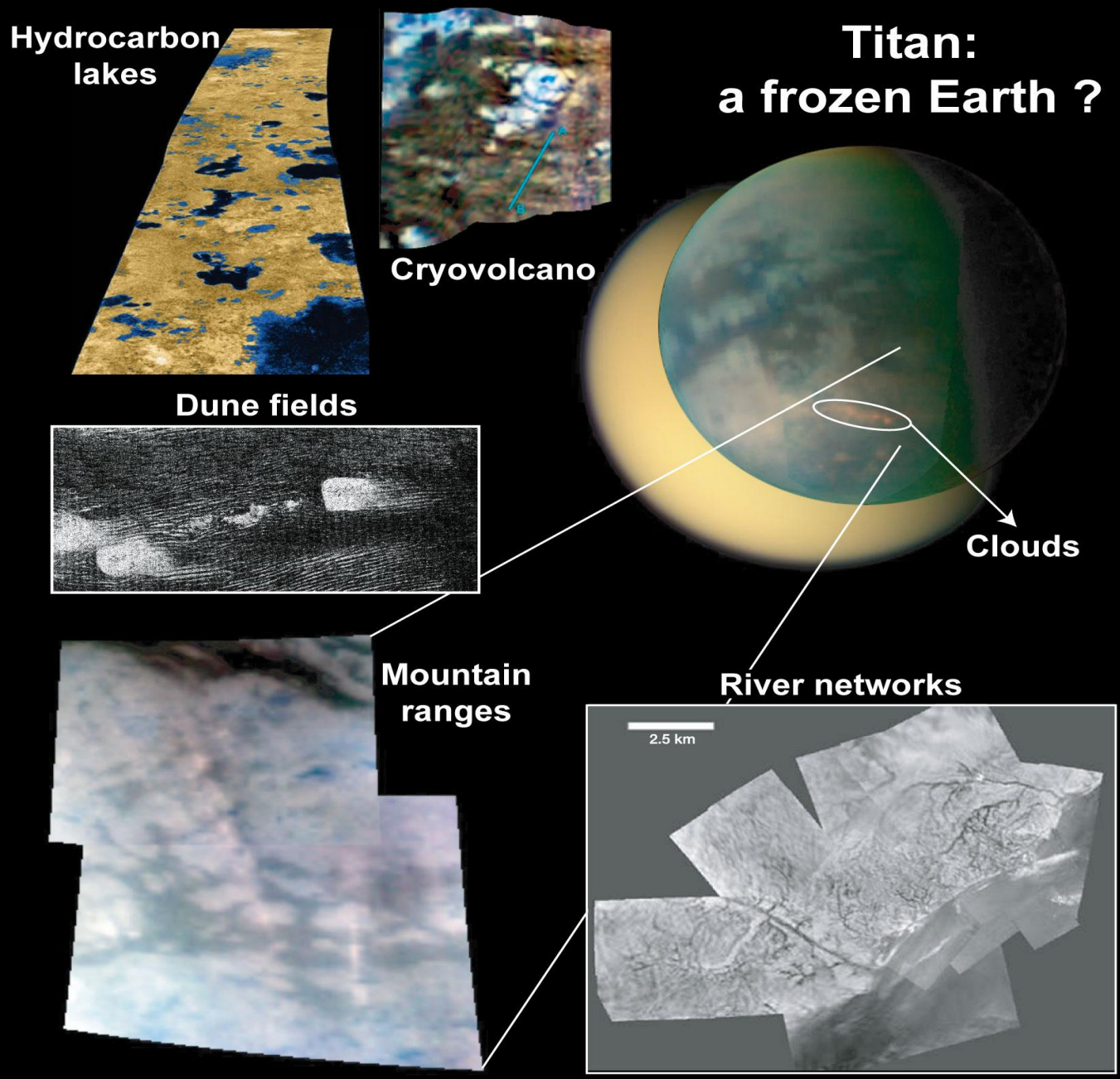
SATURNO – TITÃ



O Mar Negro cobre uma extensão equivalente a 0,085 % da superfície terrestre. Essa estrutura em Titan ocupa cerca de 0,12 % de sua superfície, daí a designação “Mar”.

SATURNO – TITÃ

SATURNO – TITÃ

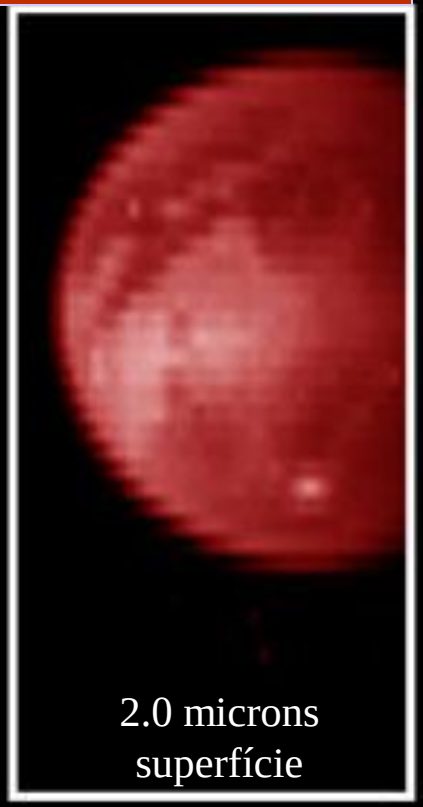


SATURNO – TITÃ

02 / 07 / 2004 - Cassini

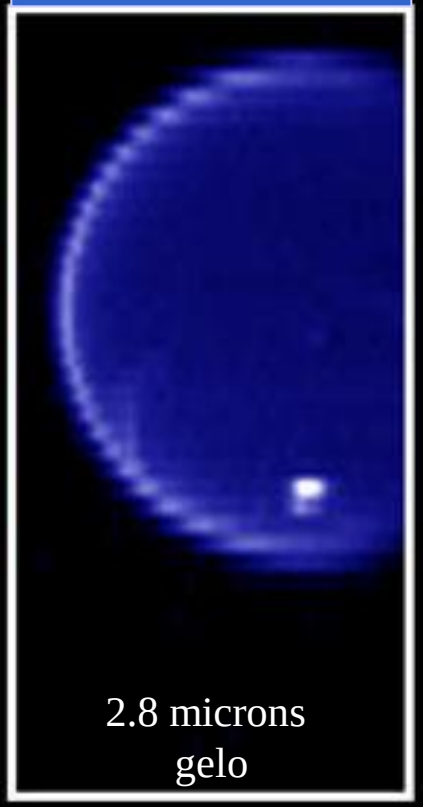
Imagens filtradas revelam composição química básica

áreas escuras: água pura congelada
áreas claras: qte maior de material ≠ de gelo (hidrocarbonetos?)



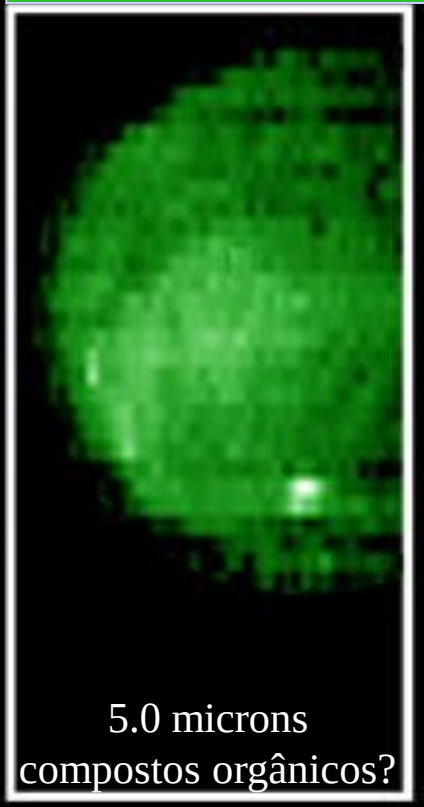
2.0 microns
superfície

áreas escuras: água congelada e hidrocarbonetos simples



2.8 microns
gelo

áreas escuras: gelo e material rico em hidrocarbonetos

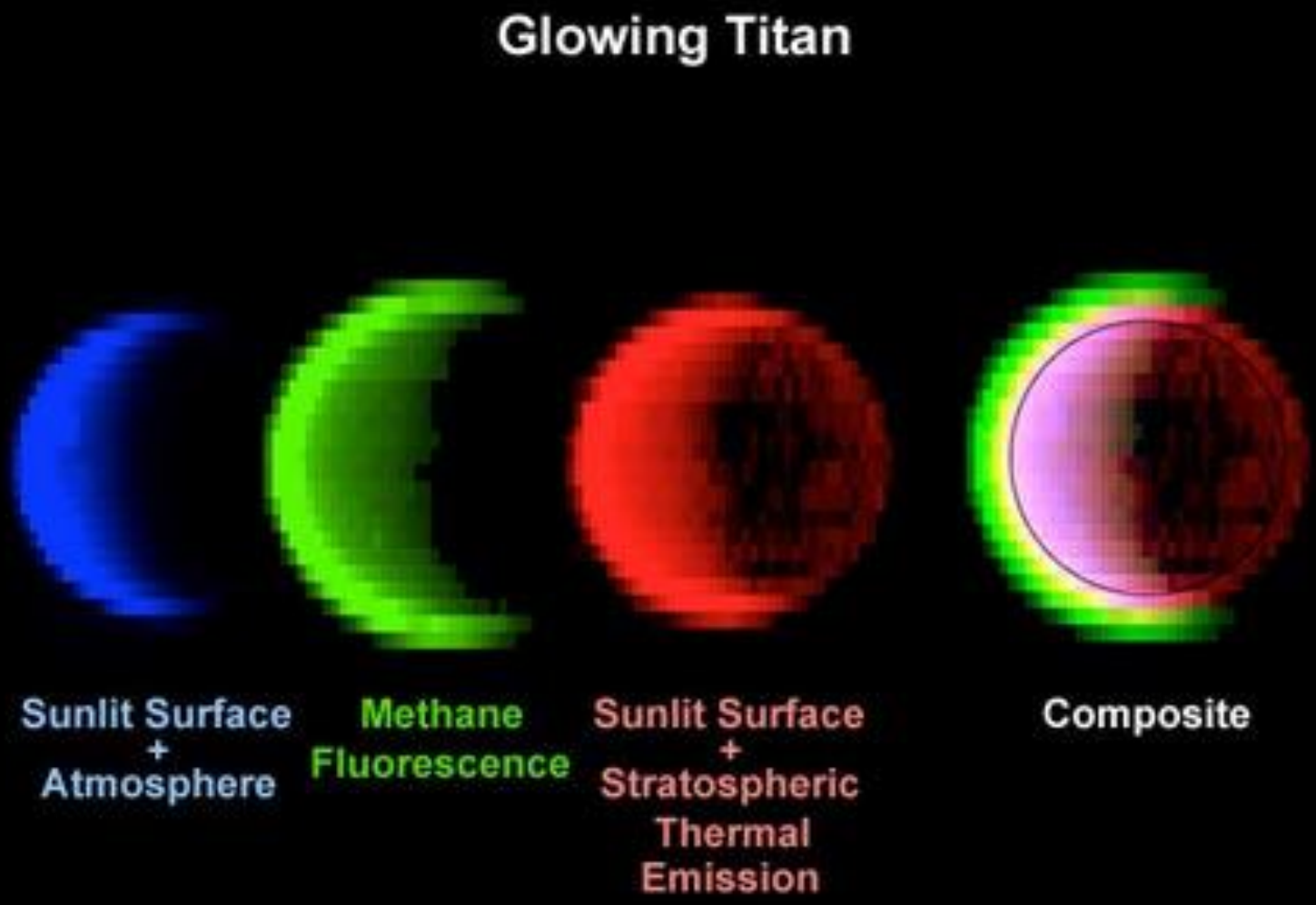


5.0 microns
compostos orgânicos?

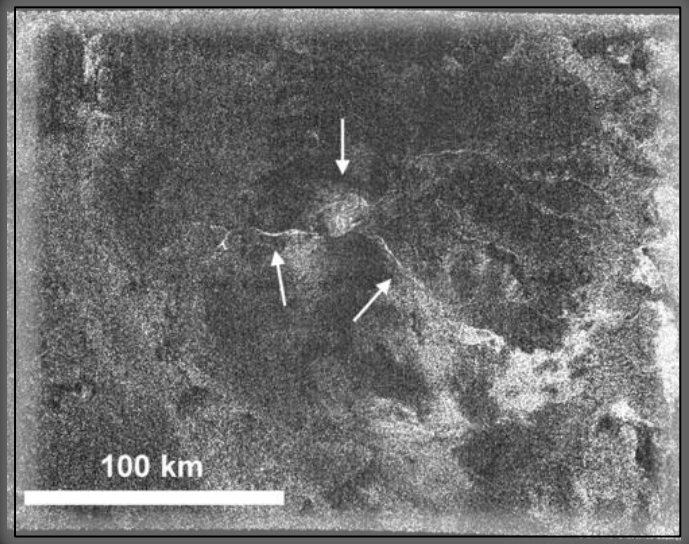
Nuvem brilhante de metano é vista nas 3 bandas

SATURNO – TITÃ

Imagens filtradas revelam composição química básica



SATURNO – TITÃ



Visão artística de Mácula Ganesa

Pode ser um vulcão de gelo ativo, cuja lava pode conter água líquida.

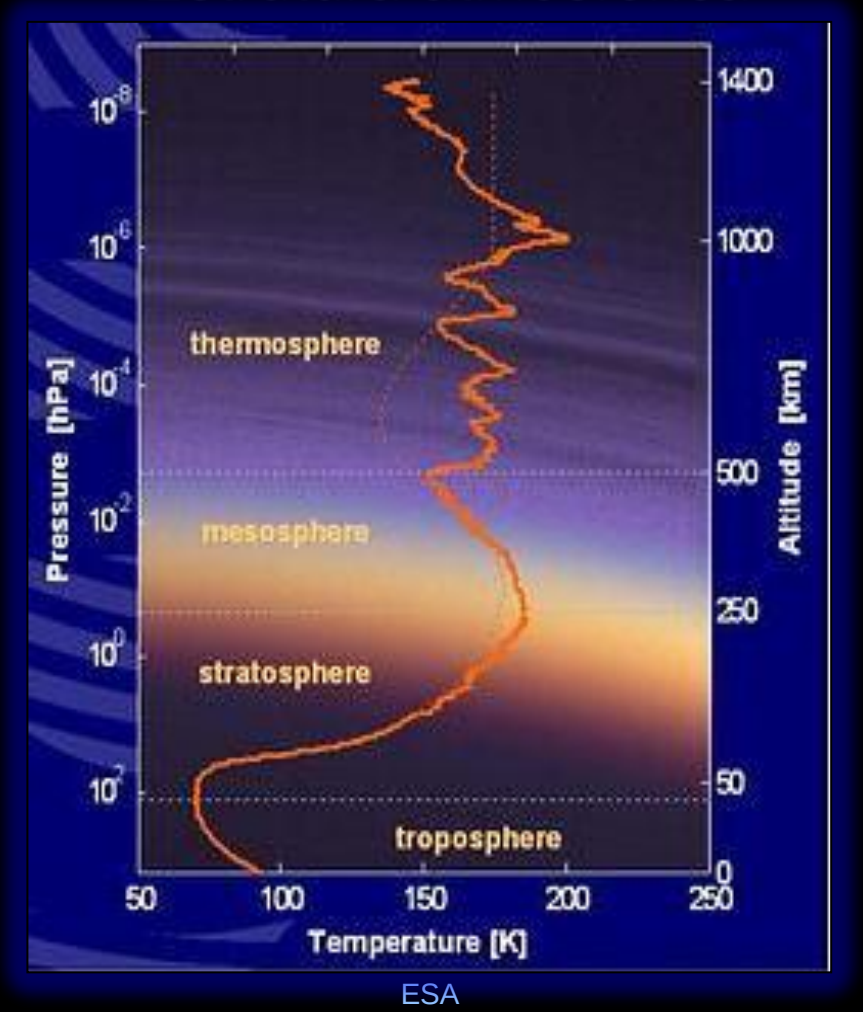
A água pode reagir com compostos orgânicos e criar moléculas complexas semelhantes às terrestres.

Crédito: Michael Carroll

SATURNO – TITÃ

Composição química predominante, em percentual: N (~90), Ar (~10) e traços de CH_4.

Estrutura atmosférica



ESA

Mais densa e espessa que a terrestre, a atmosfera deste satélite de Saturno é única entre os satélites.

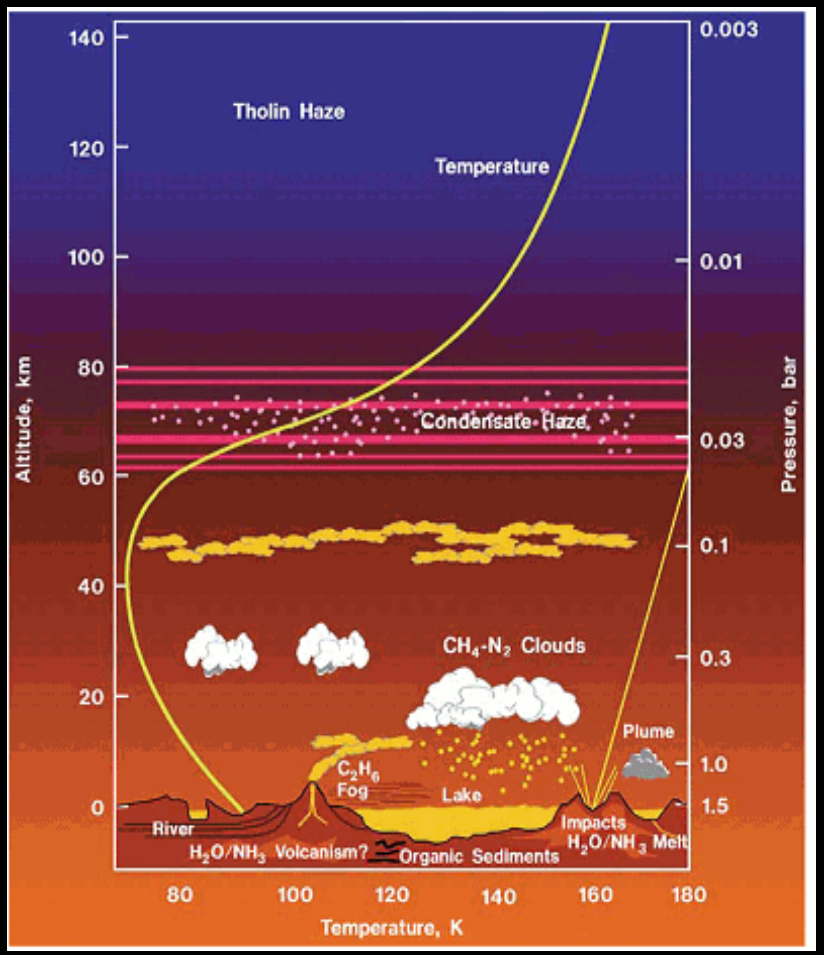
Uma química complexa que mantém níveis constantes de hidrogênio, etano, propano e monóxido de carbono.

Especula-se a existência de oceanos de hidrocarbonetos, especialmente etano, e vales congelados contendo produtos petroquímicos.

SATURNO – TITÃ

Composição química predominante, em percentual: N (~90), Ar (~10) e traços de CH_4.

Estrutura atmosférica



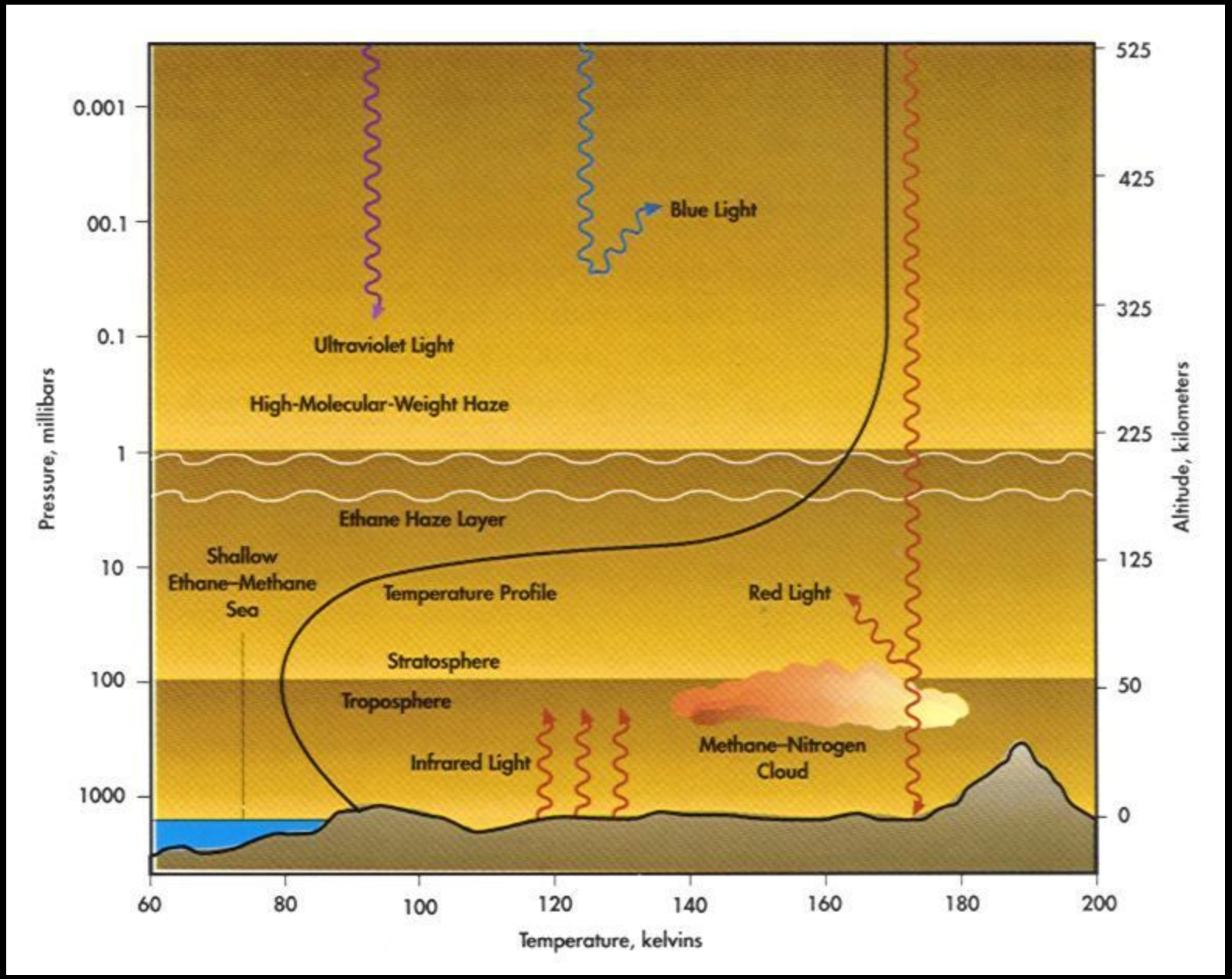
NASA

Mais densa e espessa que a terrestre, a atmosfera deste satélite de Saturno é única entre os satélites.

Uma química complexa que mantém níveis constantes de hidrogênio, etano, propano e monóxido de carbono.

Especula-se a existência de oceanos de hidrocarbonetos, especialmente etano, e vales congelados contendo produtos petroquímicos.

SATURNO – TITÃ



SATURNO – TITÃ

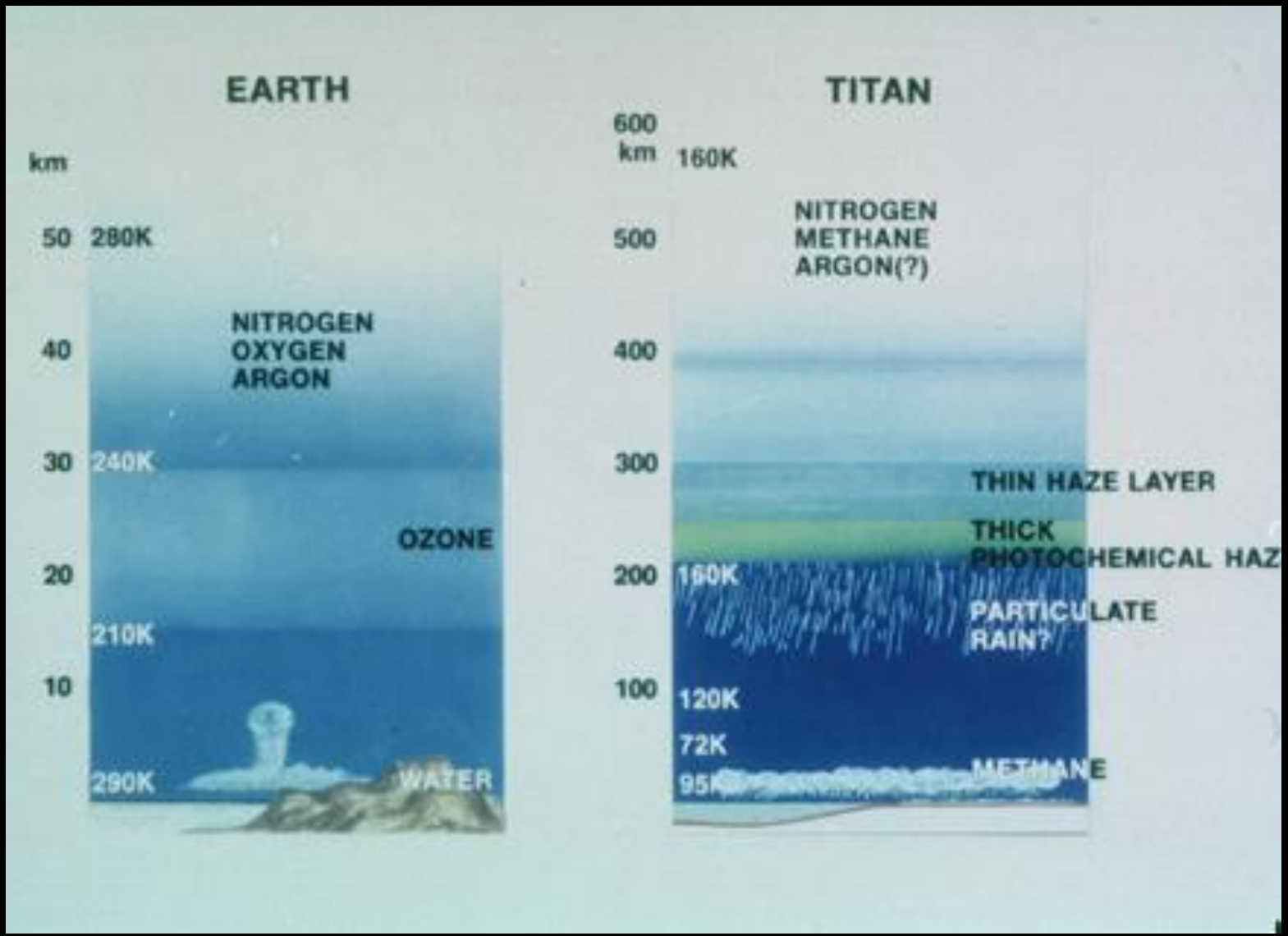
[ATMOSFERA] www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a_lua_que_seria_um_planeta_8.html

SÓ MAIS FRIA QUE A NOSSA

A atmosfera de Titã, como a da Terra, possui uma troposfera (camada mais baixa, dinâmica, onde o clima acontece) e uma estratosfera (camada estável aquecida por radiação solar ultravioleta). Essas e outras camadas são definidas pela mudança da temperatura com a altura *(à direita)*. A atmosfera de Titã é mais de 200 graus mais fria e, por causa de sua fraca gravidade, é mais esticada verticalmente. Múltiplas camadas de névoa seca, consistindo em partículas de hidrocarbonetos, semelhante ao *smog*, têm o mesmo papel que a camada de ozônio da Terra.

SATURNO – TITÃ

Composição química predominante, em percentual: N (~90), Ar (~10) e traços de CH_4.



NASA

SATURNO – TITÃ

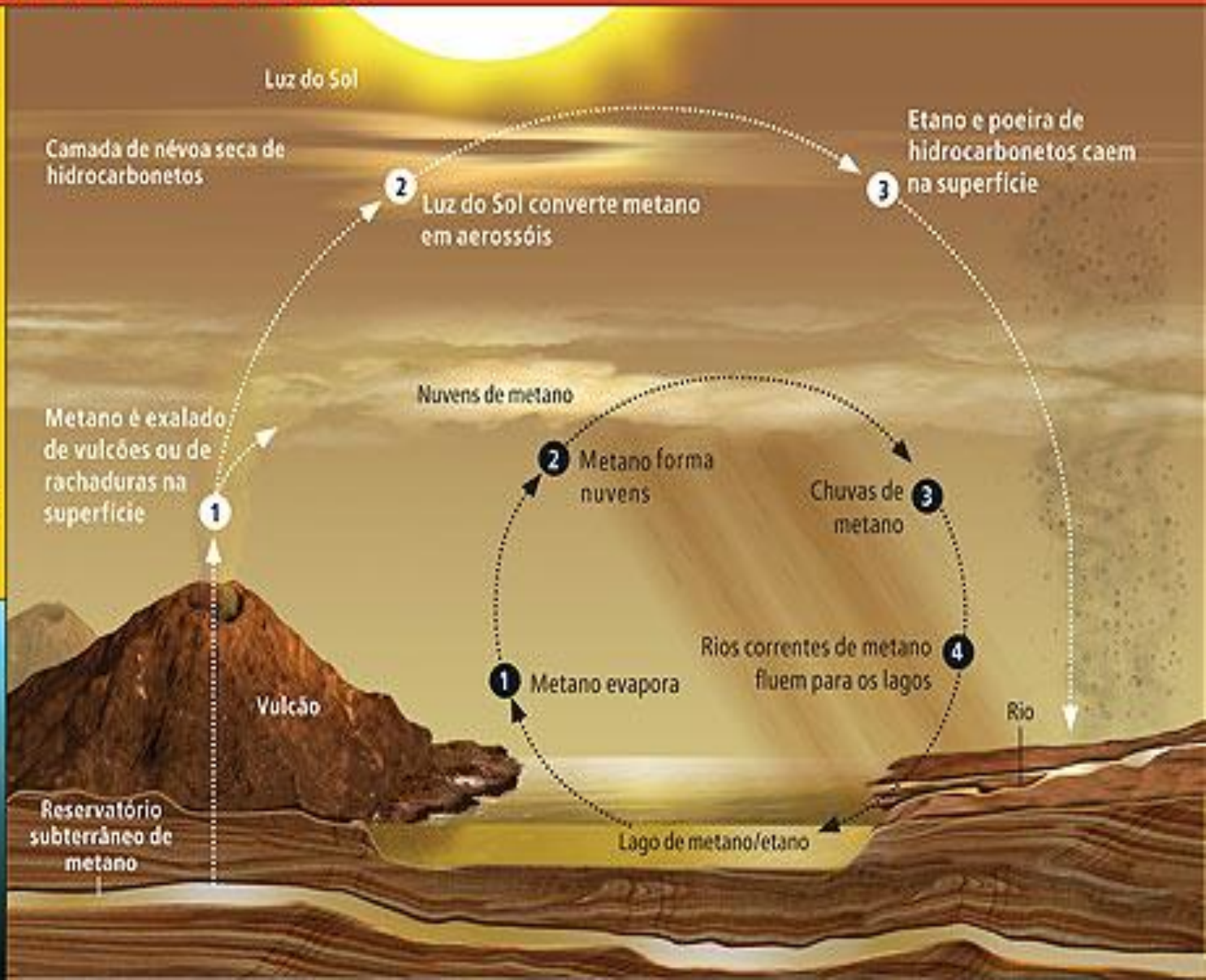
[O CICLO METANOLÓGICO]

www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a_lua_que_seria_um_planeta_8.html

UM DILÚVIO DE METANO

O metano tem um ciclo de curto prazo (*em preto*) muito semelhante ao ciclo da água na Terra. Sobre tempos geológicos existe um episódico fluxo de mão única de metano dos reservatórios interiores para a atmosfera superior (*em branco*), onde a radiação solar o converte em etano e hidrocarbonetos mais pesados – formando a névoa seca. As partículas caem sobre a superfície, como o que Carl Sagan chamava de "maná do céu".

Nuvens de metano sobre a região polar sul



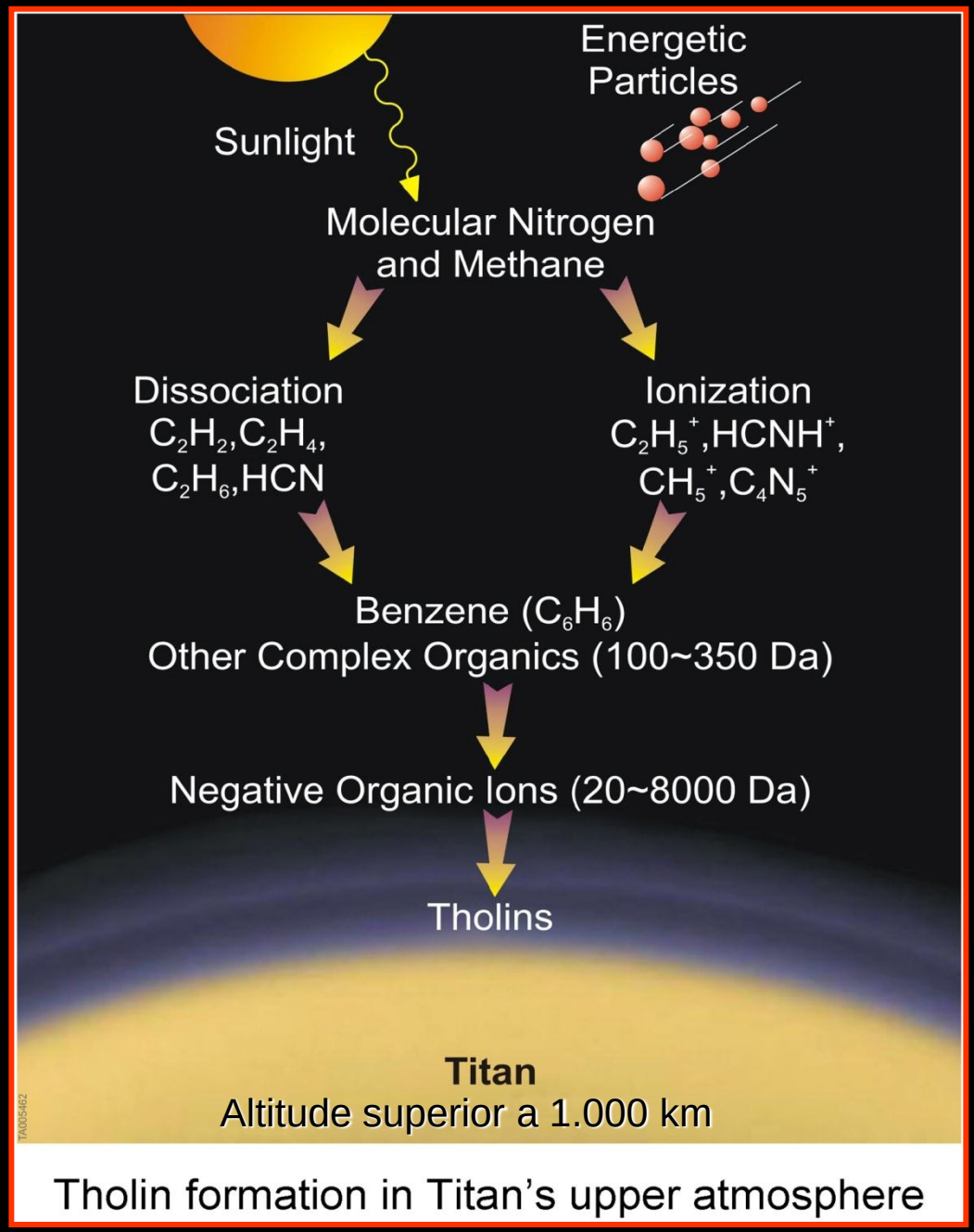
SATURNO – TITÃ

Tholin
(do grego, “barrento”)

Substância orgânica – aminoácidos – formada no experimento de Urey-Miller (mistura de metano, amônia, hidrogênio e vapor d’água sujeita à descarga elétrica)

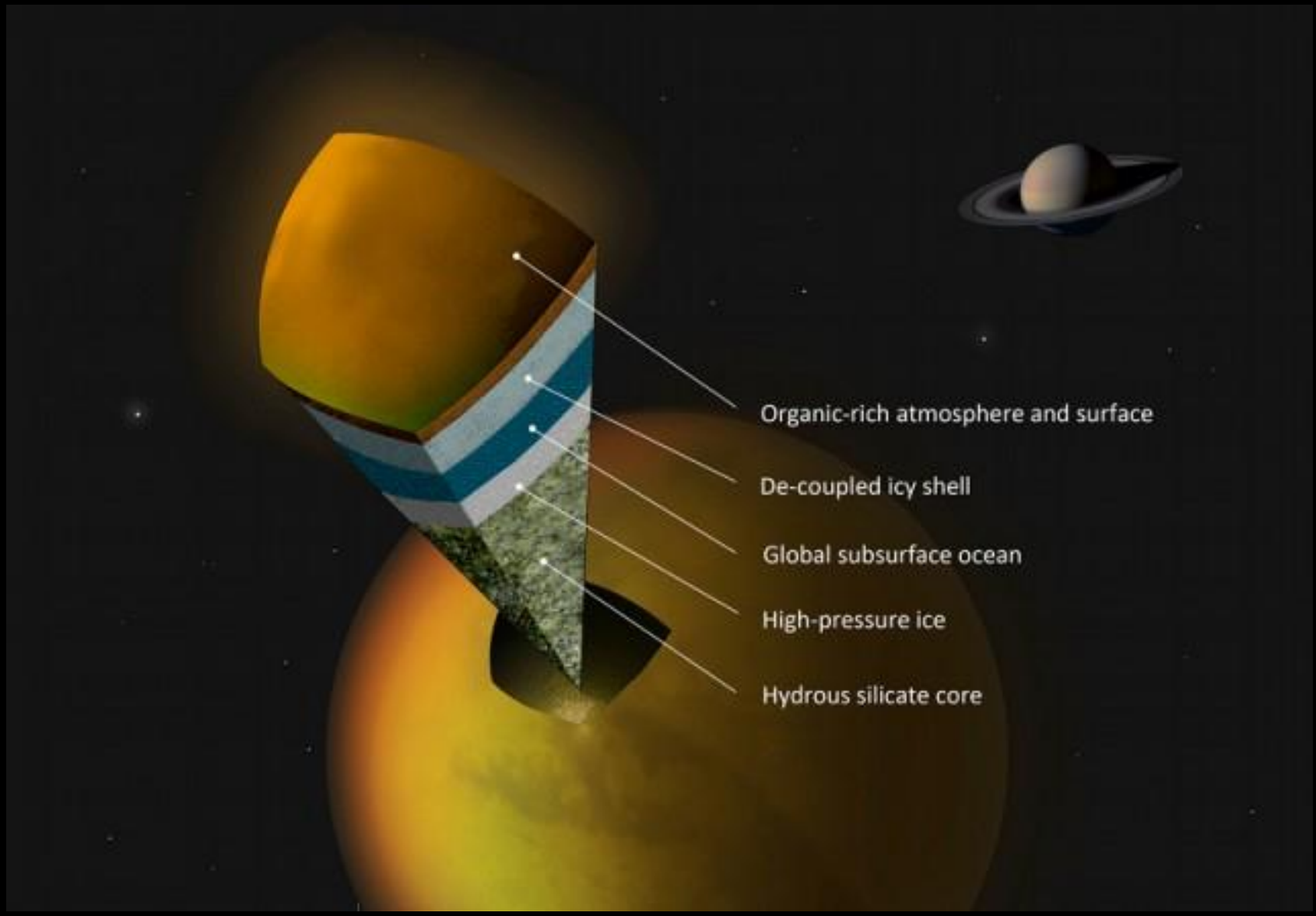
Heteropolímero (gde complexo de moléculas orgânicas) formado pela exposição de metano e/ou etano à luz ultravioleta.

Tholins podem ser os precursores da vida.



Tholin formation in Titan’s upper atmosphere

SATURNO – TITÃ - estrutura

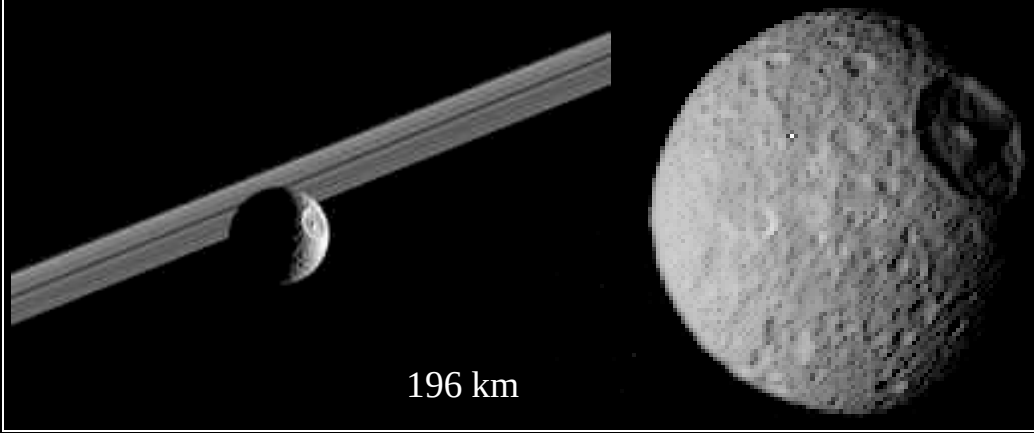


http://quickiphoneapps.com/wp-content/plugins/rss-poster/cache/788db_titan_interior-640x444.jpg

SATURNO – outros satélites

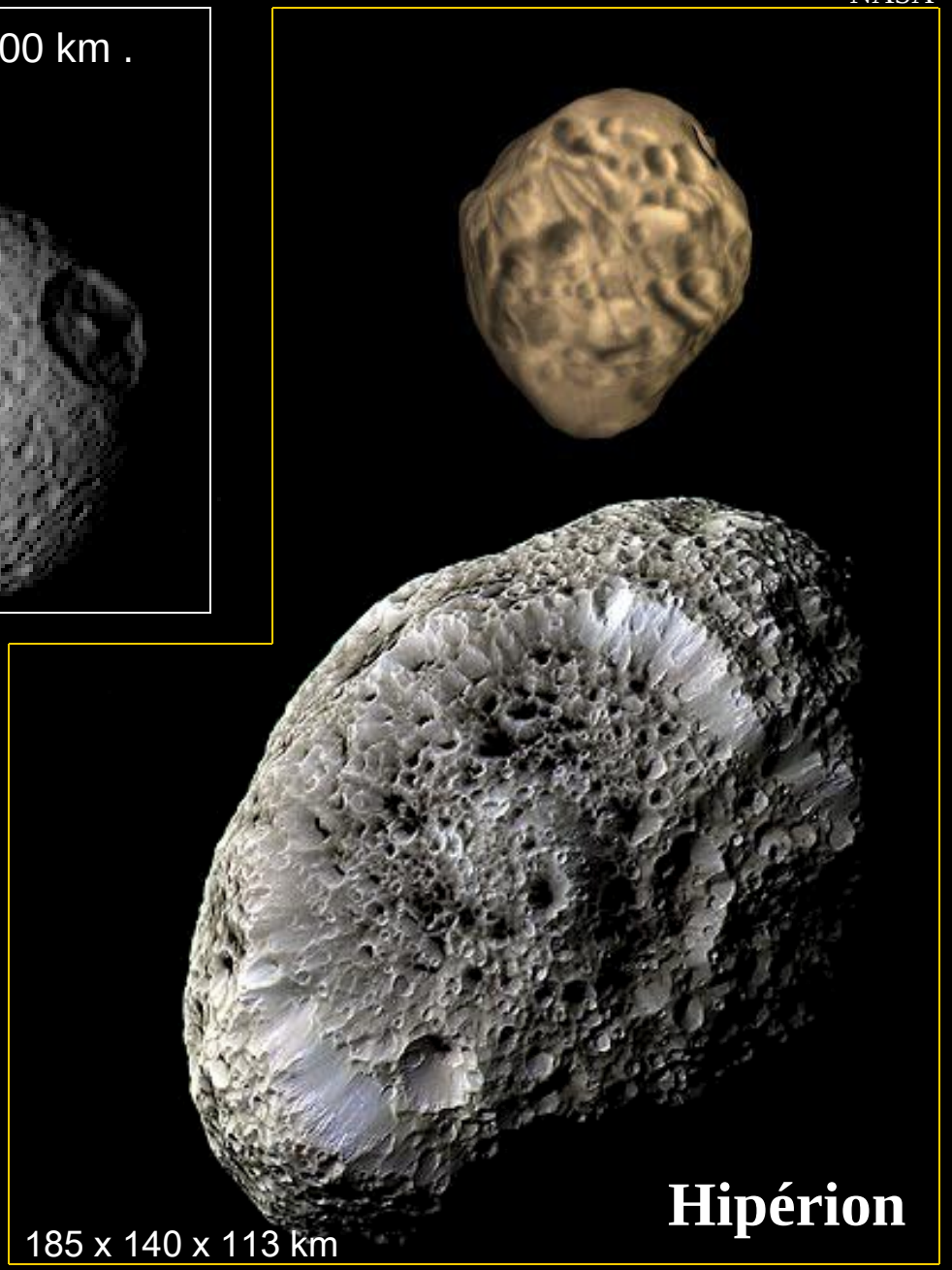
NASA

Mimas visto pela Cassini (13/10/05) a 711.000 km .
Nessa distância a cratera Herschel (130 km)
ainda se destaca.



196 km

Janus 97 x 95 x 77 km

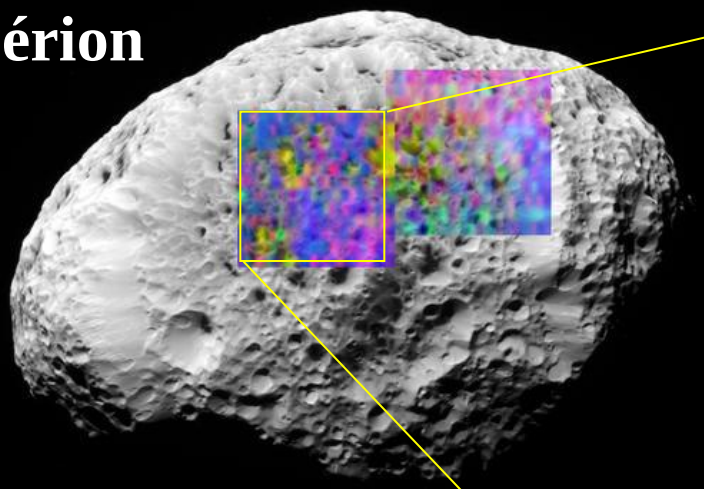


185 x 140 x 113 km

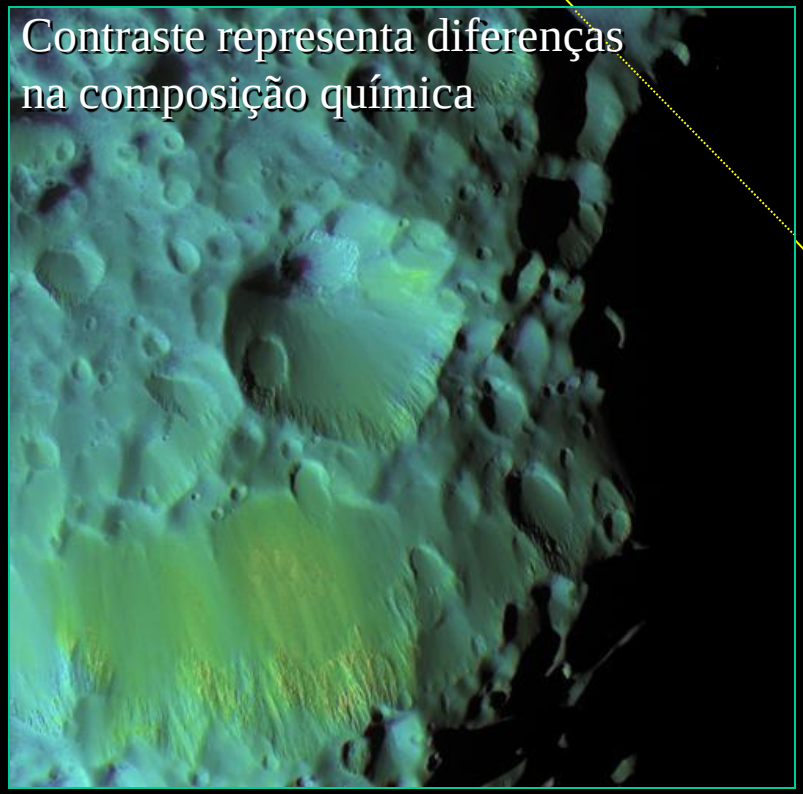
Hipérion

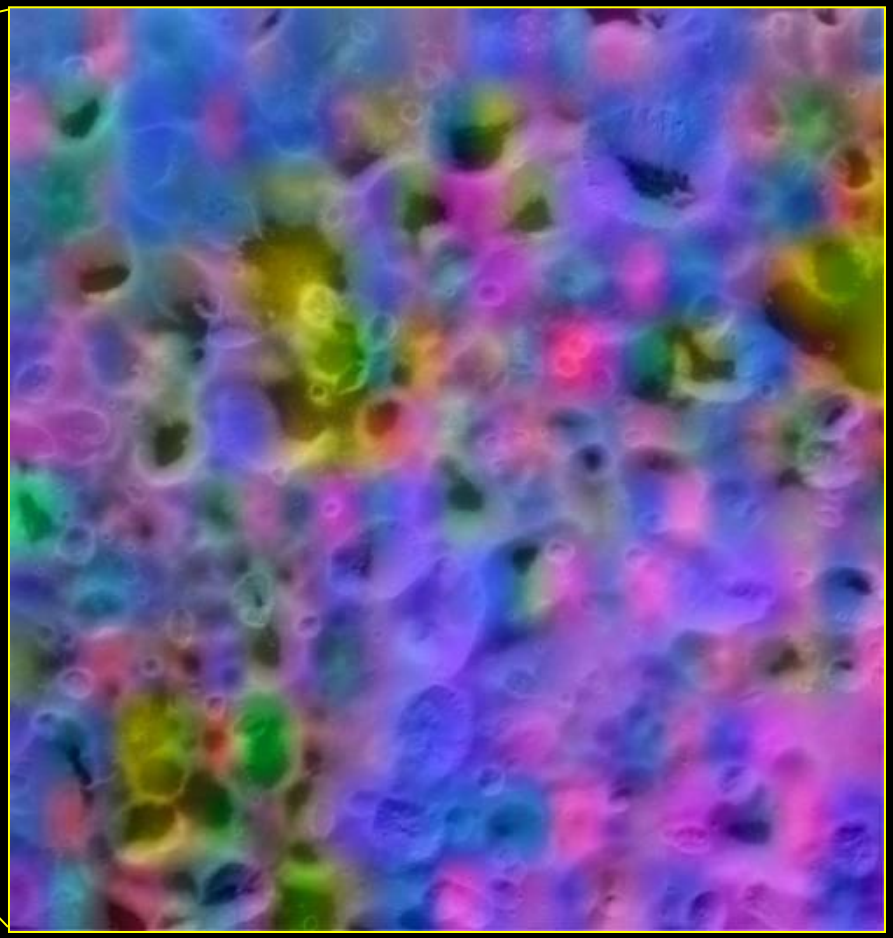
SATURNO – outros satélites

Hipérion



Contraste representa diferenças na composição química





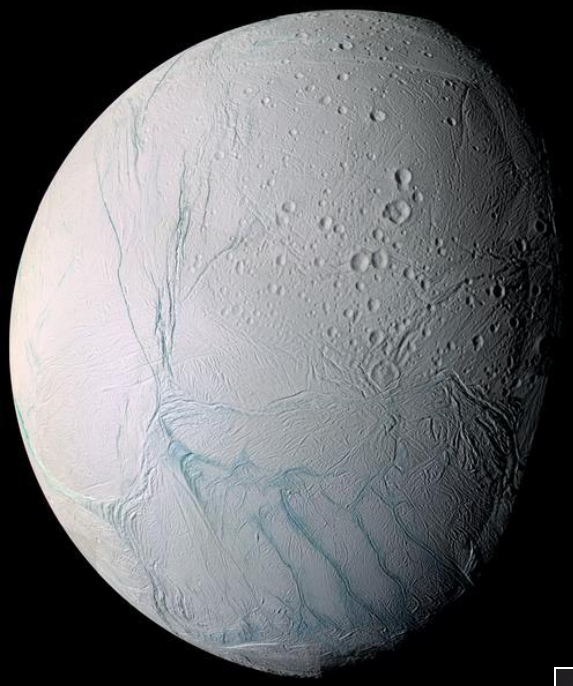
July 4, 2007

Full-Res: PIA09215

Terreno com cerca de 75 km.

Azul = água congelada;
Vermelho = dióxido de carbono congelado.
Amarelo = mistura de CO_2 e material a ser identificado.

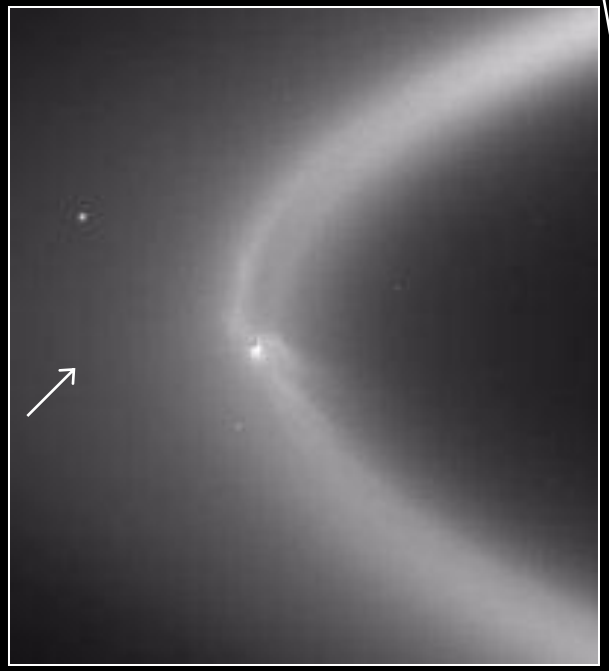
SATURNO – outros satélites

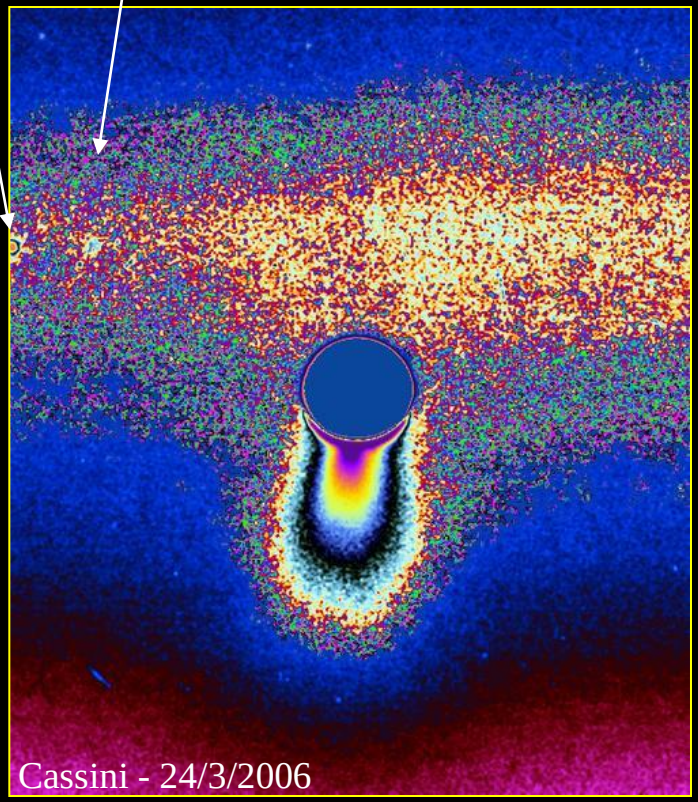


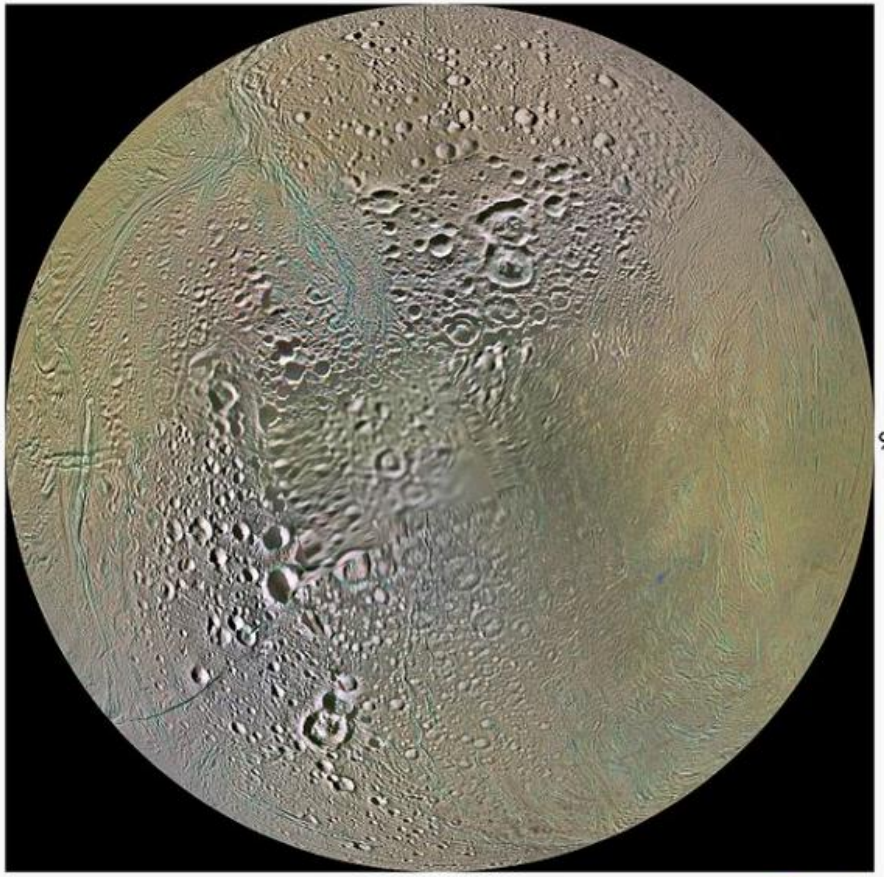
Jatos de gelo lançam poeira a centenas de km acima da superfície no polo sul.
Parte dessa poeira escapa e forma o anel E difuso, por onde ele circula.

Sonda Cassini passa por jato vulcânico e revela que composição química é semelhante a dos cometas.

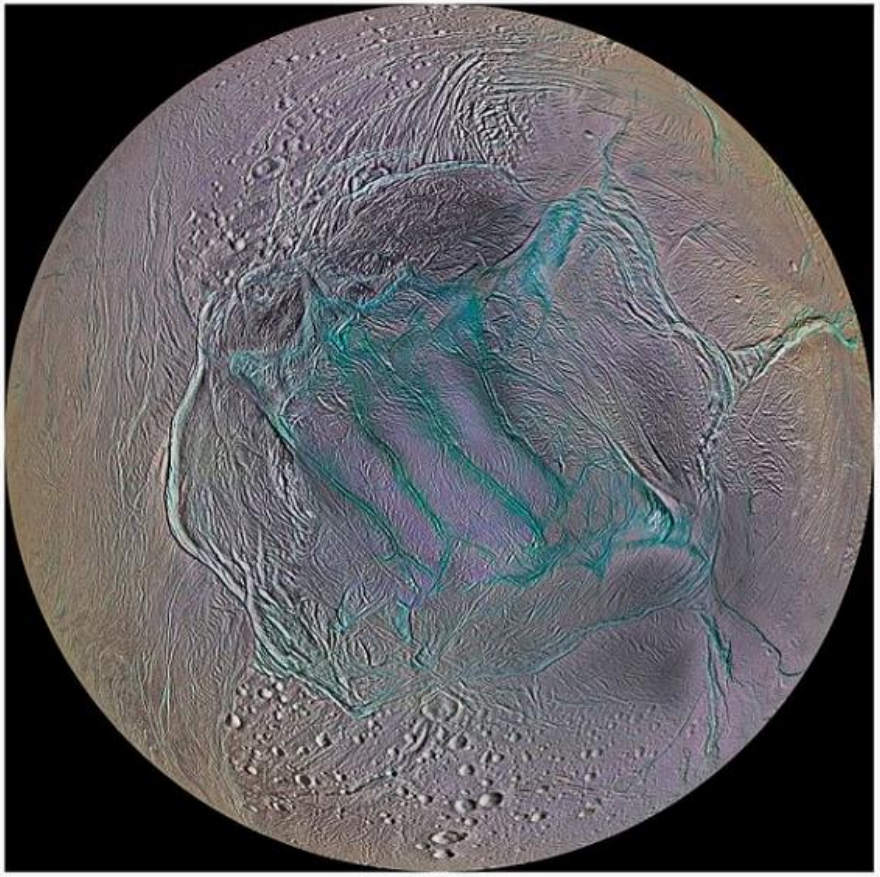
Medidas espectrométricas indicam densidade bem mais elevada que esperada de gases voláteis, vapor d'água, dióxido e monóxido de carbono, e material orgânico







Northern Hemisphere
Orthographic map projection at 100 meters/pixel



Southern Hemisphere
Orthographic map projection at 100 meters/pixel

LUNAR AND PLANETARY INSTITUTE

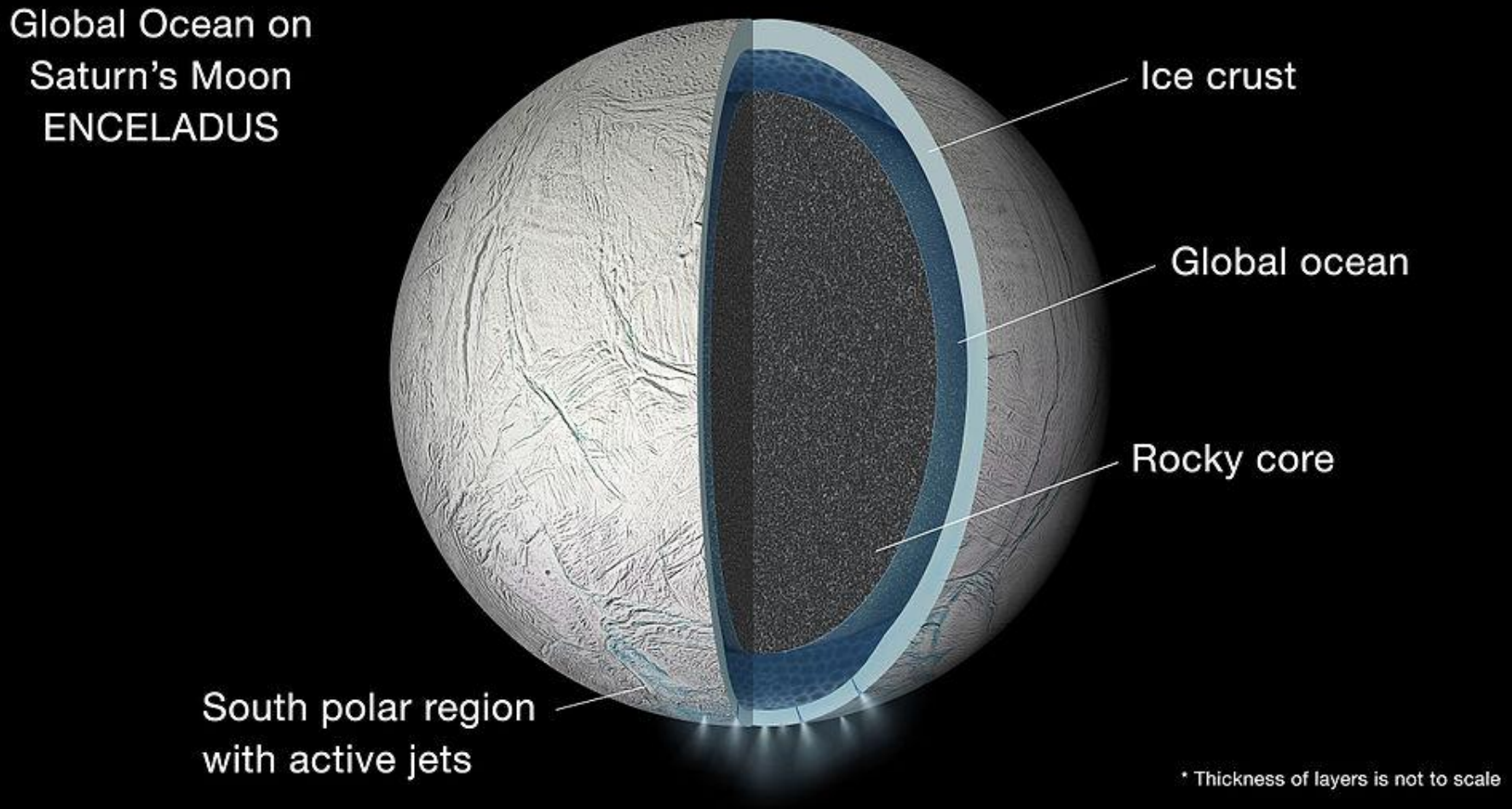
Global 3-Color Map of Enceladus (IR3-GRN-UV3)

April 2014

Scale bar = 100 km

Cartographic control and digital mosaic construction by Dr. Paul Schenk (LPI, Houston)
Cassini ISS images acquired 2004-2014

SATURNO – outros satélites

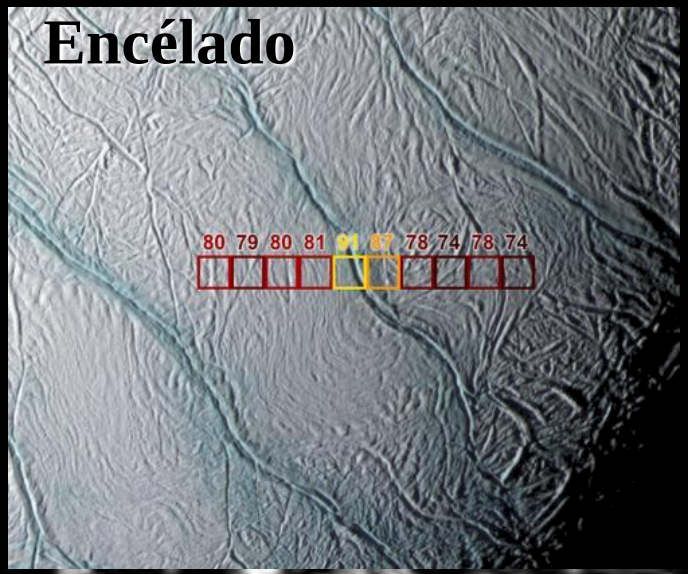


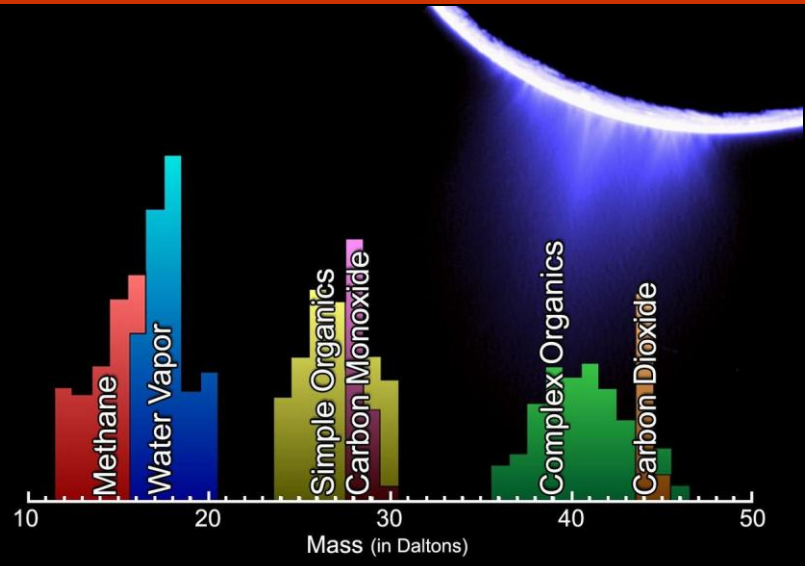
SATURNO – outros satélites

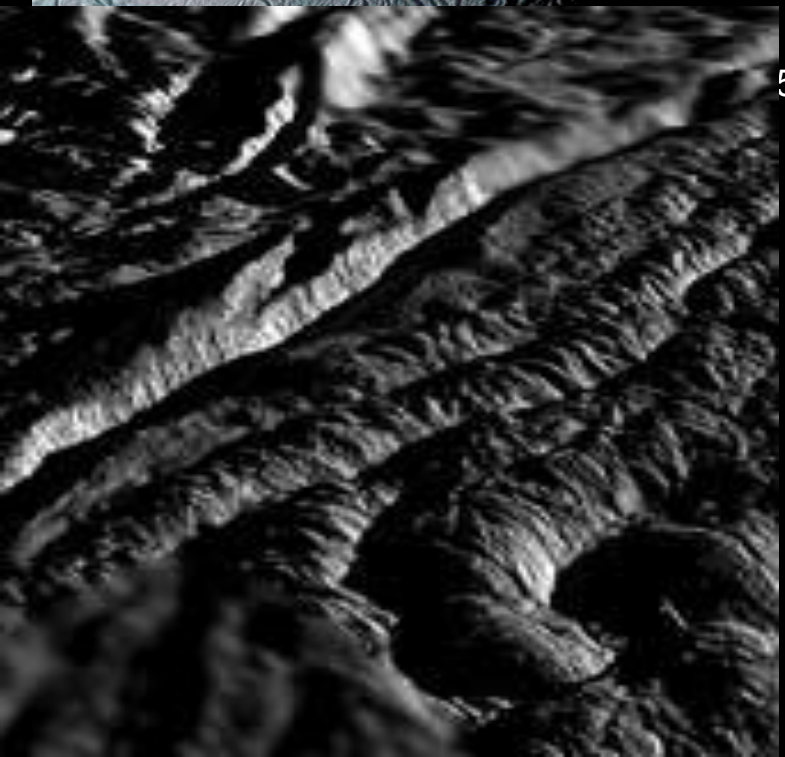
Fraturas são azuladas em decorrência da aspereza do gelo (como nas geleiras e os icebergs na Terra).

Visão da superfície a 208 km. Superfície dominada por blocos de gelo entre 10 e 100 m. Origem é inigmática.

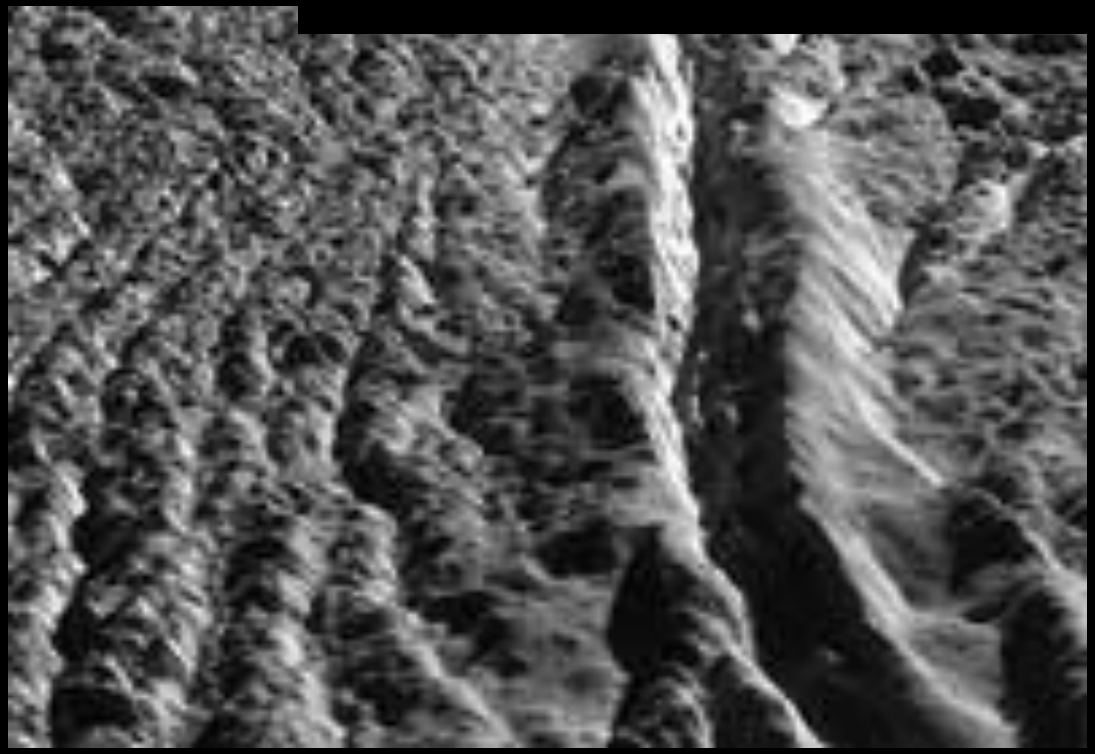
SATURNO – outros satélites



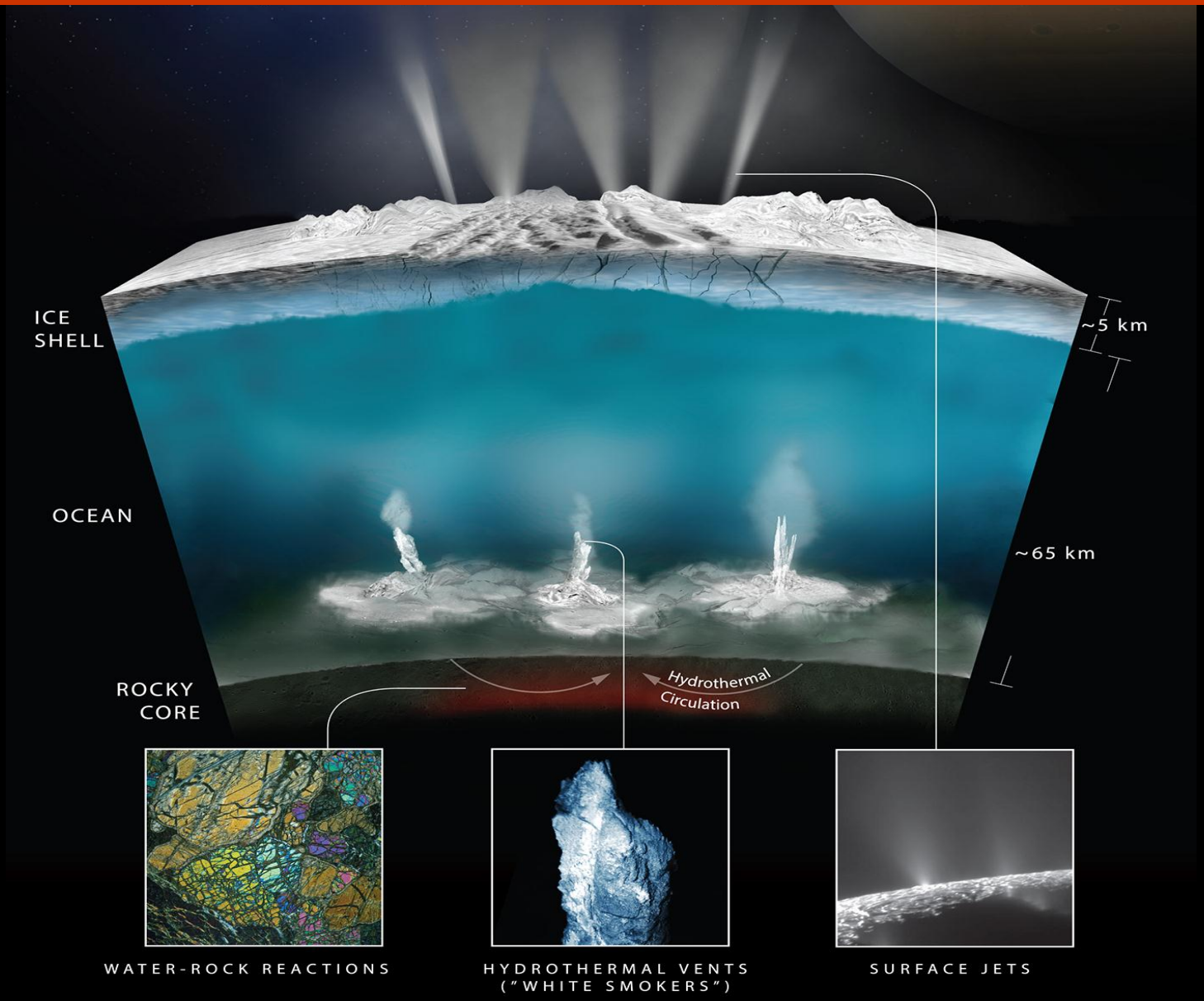




5

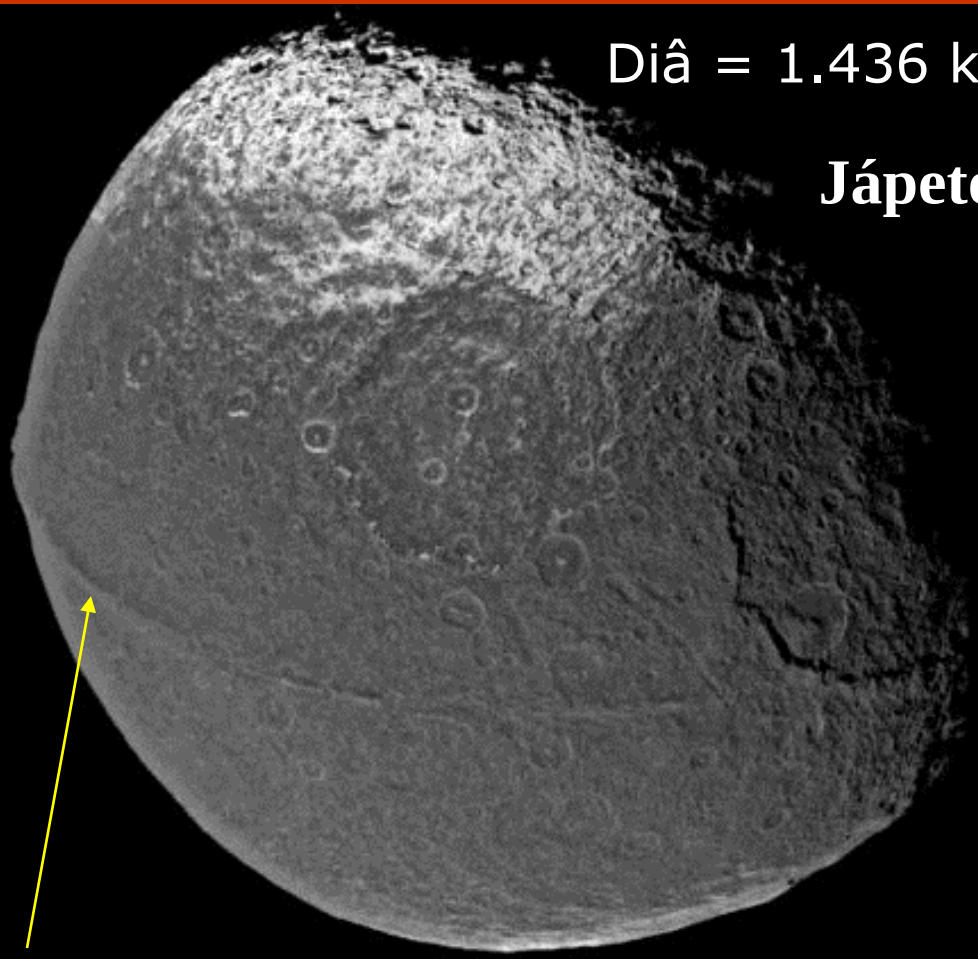


SATURNO – outros satélites



https://solarsystem.nasa.gov/galleries/enceladus-hydrothermal-activity

SATURNO – outros satélites



Diâ = 1.436 km

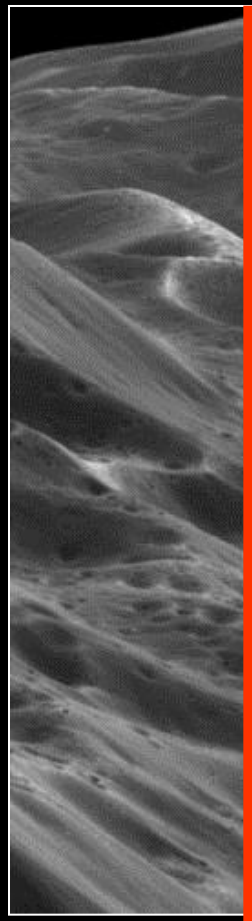
Jápeto

- Cena dominada por região escura, fortemente marcada por crateras (Cassini Regio), que cobre praticamente um hemisfério.
- Movimento sincronizado com Saturno.
- Albedo: ~4% nas partes escuras e ~60% nas claras

- Cordilheira praticamente sobre o equador (largura: ~20 km; altura: ~10 km; comprimento: ~1.300 km).
- Origem ainda desconhecida: cinturão de montanhas que aflorou? rachadura seguida de erupção de material do subsolo?

SATURNO – outros satélites

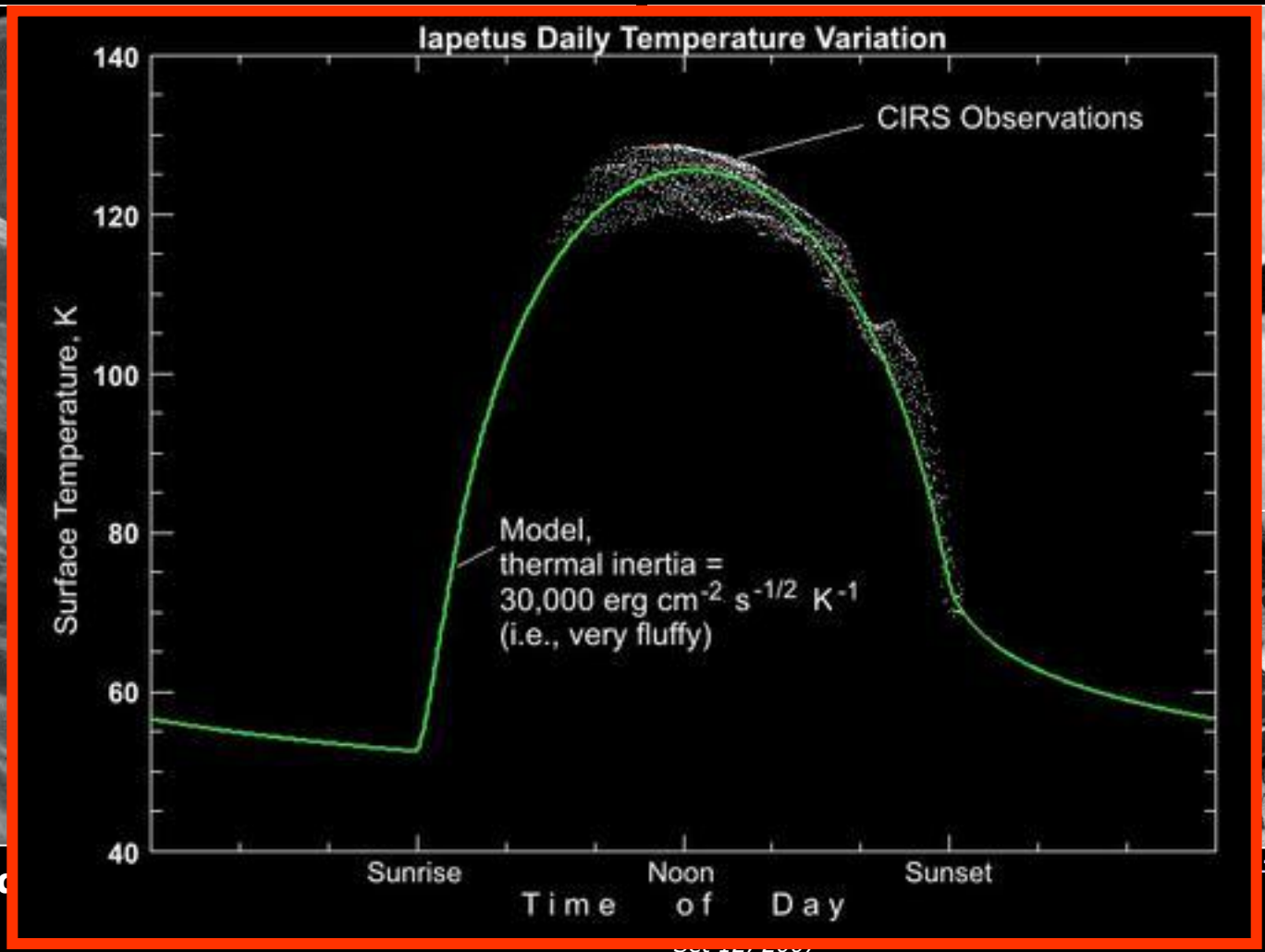
Jápeto

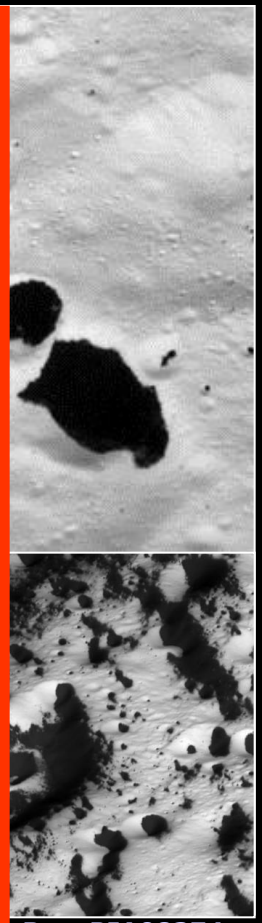


Himalaias d

Set 12, 2007

Terreno montanhoso com até 10 km de altura, ao longo do espinhaço equatorial





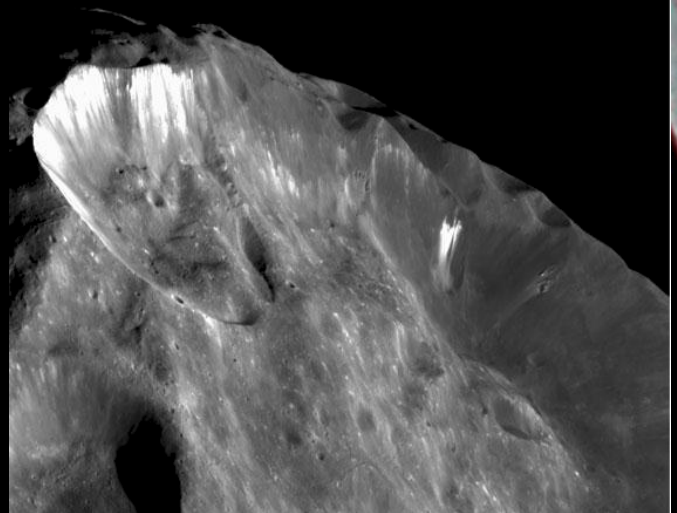
-Res: PIA08374

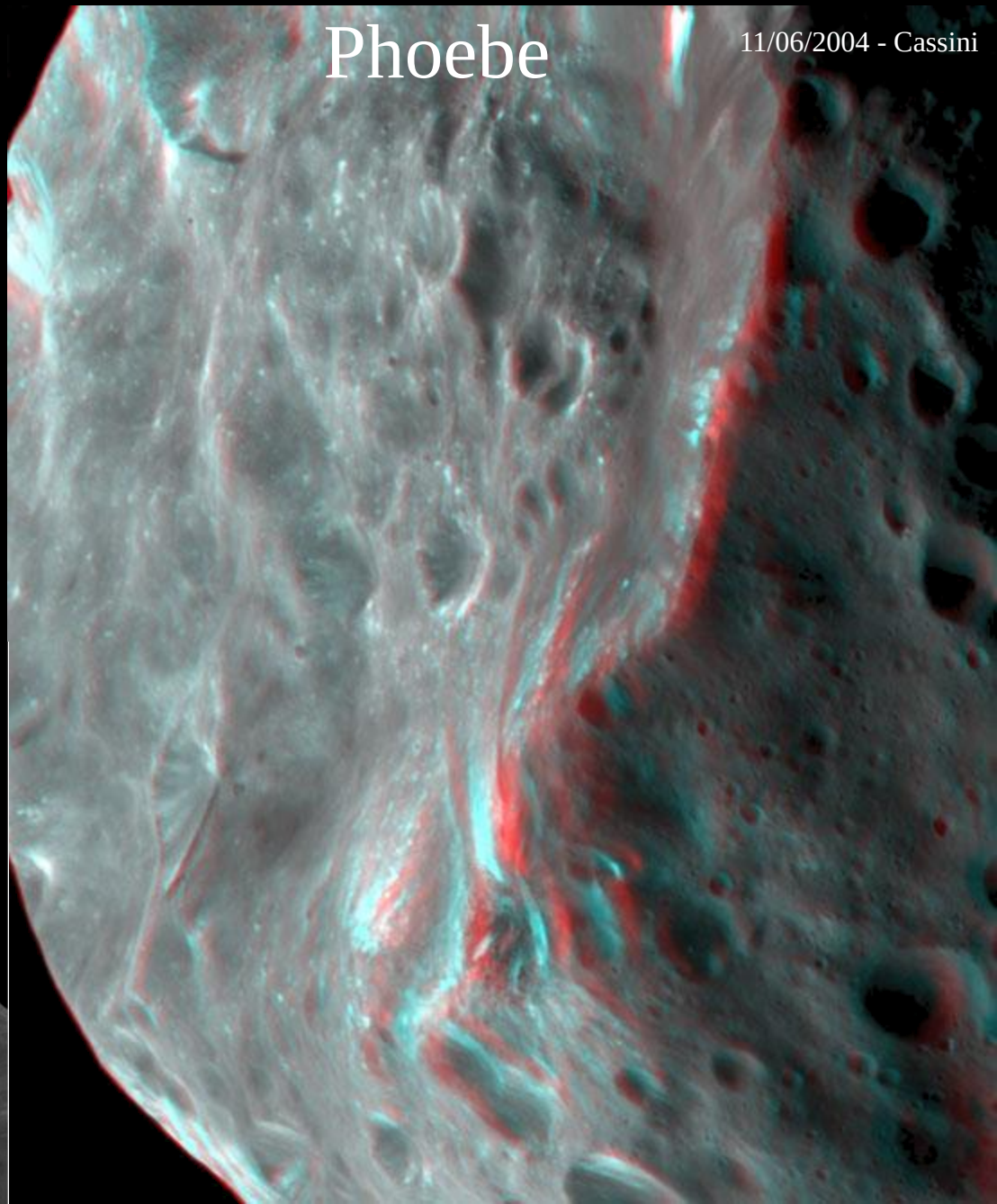
Material escuro espalha-se pelas paredes e fundos de crateras. Imagem da região de transição entre hemisférios escuro e claro.

SATURNO – outros satélites

Mosaico 3-D

- Sol à esquerda
- Dist: de 15.000 a 20.000 km
- Material brilhante: talvez gelo
- Crateras de impacto presentes
- Estrias brilhantes ao longo de declives acentuados pode ser material precipitado (deslizamento) decorrente do choque dos impactos





SATURNO – outros satélites

Prometeus (102 km)

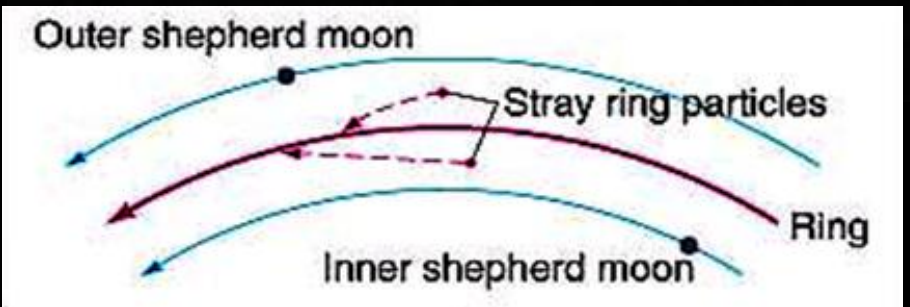
anél F

Pandora (84 km)

Shepherd moons keep F-ring narrow and create peculiar structures in the ring.

Prometheus (102 km across)

Pandora (84 km across)



NASA/JPL/Space Science Institute

URANO – satélites

27 satélites

Nome(tamanho em km)

Miranda(240x234.2x232.9), Ariel(581.1x577.9x577.7),

Umbriel(584.7), Titania(788.9), Oberon(761.4), Cordelia(20),

Ophelia(21), Bianca(27), Cressida(40), Desdemona(32), Juliet(47),

Portia(68), Rosalind(36), Belinda(40), Puck(81), Caliban(48),

Stephano(10), Sycorax(95), Prospero(15), Setebos(15), Trinculo(5),

S2001/U2(6), S2001/U3(6), S2003/U1(16), S2003/U2(12),

S2003/U3(6)

http://en.wikipedia.org/wiki/Moons_of_Uranus

URANO – satélites

Propriedades

Satélite	**Raio** (km)	**Período** (h)	**Densidade** (g/cm3)
Miranda	242	33.9	1.26
Ariel	580	60.5	1.65
Umbriel	595	99.5	1.44
Titania	805	208.9	1.59
Oberão	775	323.1	1.50

Miranda mostra sinais de atividade tectônica, uma grande surpresa dado seu tamanho pequeno e baixa temperatura (86±1°). Deve haver uma fonte de calor (maré?)

URANO – satélites

Pode-se dividir seus satélites em 3 classes distintas::

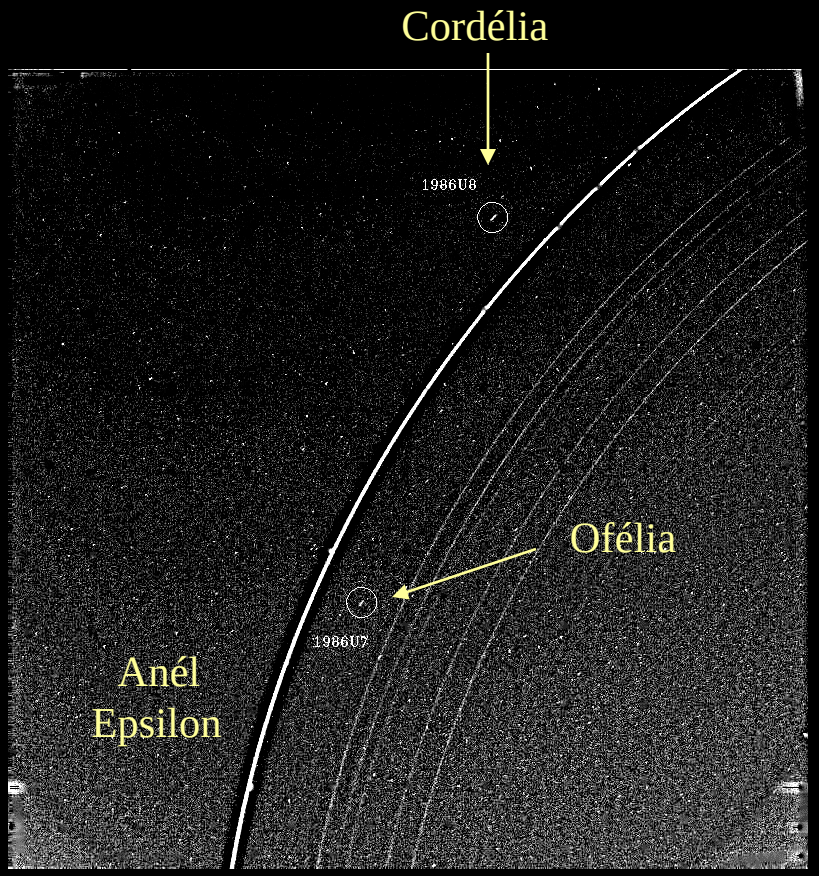
- 11 pequenos, muito escuros, mais internos, descobertos pela Voyager 2,
- 5 grandes
- a maioria tem órbitas circulares no plano equatorial de Urano (portanto bem inclinados relação ao plano da eclíptica);
- os 4 mais externos têm órbitas mais elípticas.

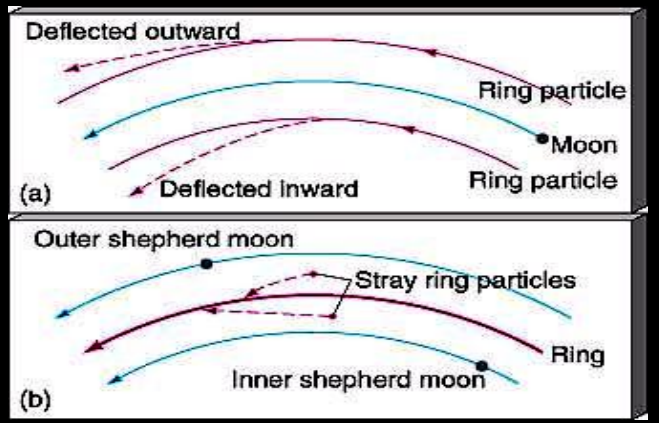
Satélites de Urano

- **Cordélia**
  - –o mais interno,
  - –diâmetro: 26 km
- **Ofélia**
  - –2o. Mais próximo.
  - –Diâmetro: 32 km

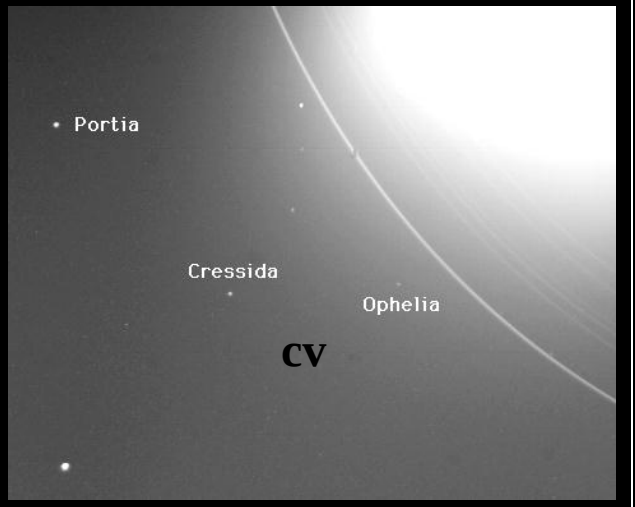
Ambos estão possuem movimento orbital sincronizado.

Juntos atuam como "**satélites pastores**" do anél Epsilon, como Prometeu e Pandora em relação ao anél F de Saturno.



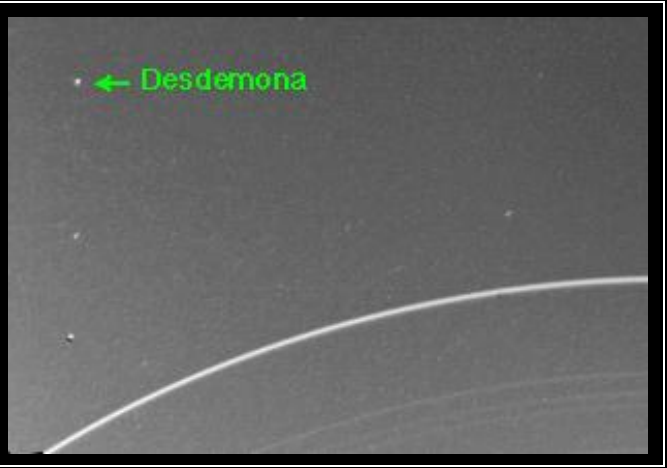


URANO – satélites



Créssida
4o. satélite
diâmetro: 66 km

Desdemona
5o. sátelite
diâmetro: 58 km



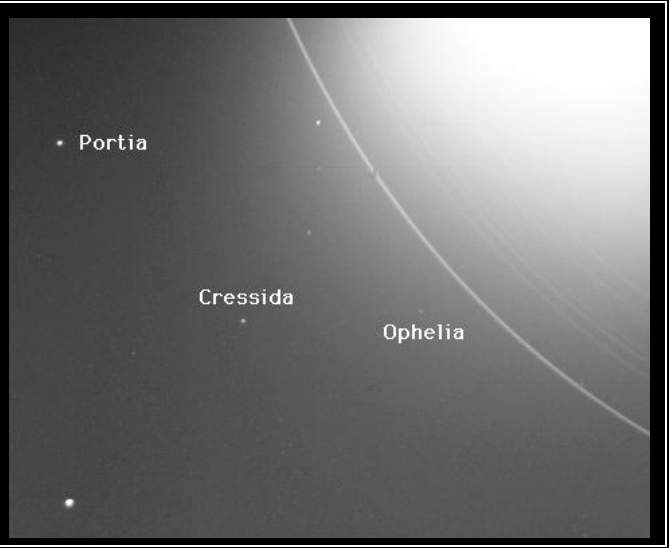
Bianca
3o. satélite,
diâmetro: 44 km

Julieta
6o. satélite
diâmetro: 84 km

mac01.eps.pitt.edu/courses/GEO0870/0870_Uranus.ppt

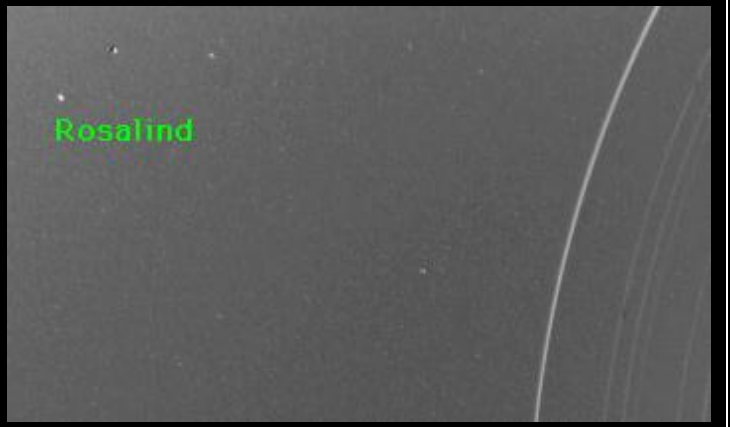
URANO – satélites

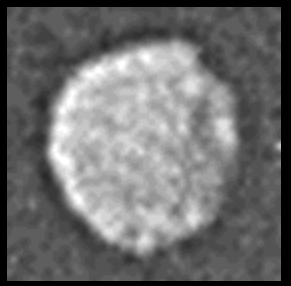
Portia
7o. satélite
diâmetro: 110 km



Belinda
9o. satélite
diâmetro: 68 km

Rosalinda
8o. satélite
diâmetro: 54 km



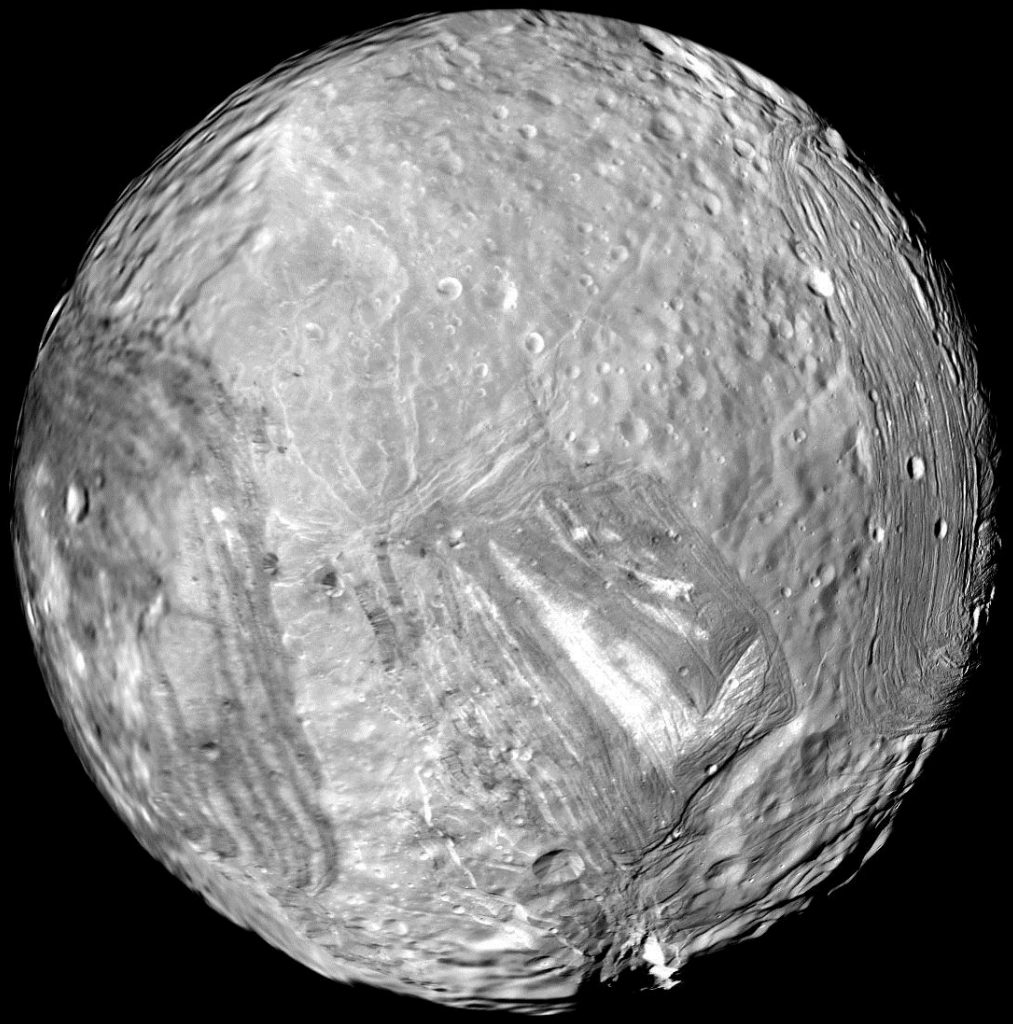


Puck
10o. satélite
diâmetro: 154 km

mac01.eps.pitt.edu/courses/GEO0870/0870_Uranus.ppt

URANO – satélites

- **Miranda**
  - 11o. Satélite.
  - o mais interno dentre os maiores satélites.
  - diâmetro: 472 km
  - composição provável: 50% de água, 50 % de material rochoso.



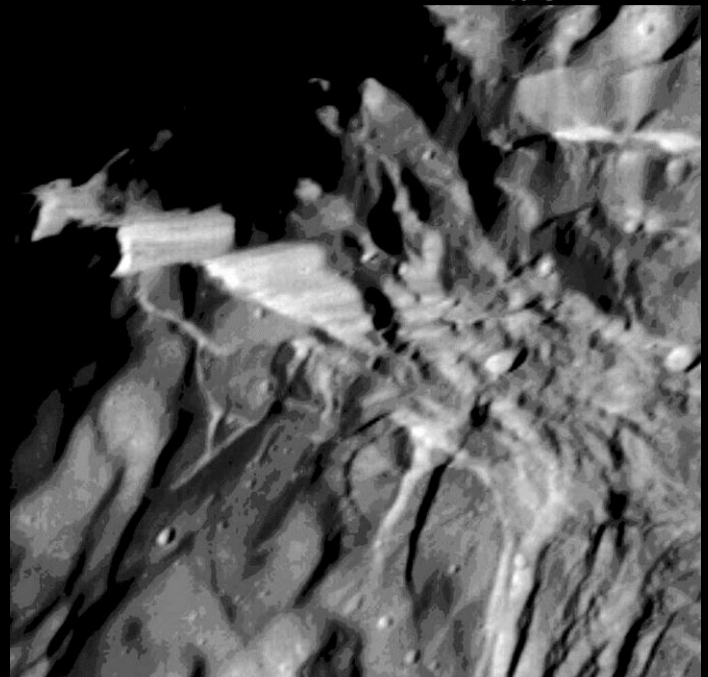
mac01.eps.pitt.edu/courses/GEO0870/0870_Uranus.ppt

URANO – satélites

- Superfície composta de terrenos diferentes, como fortemente marcados por crateras de colisão, ranhuras, vales e penhascos (com até 5 km de altura).

- Inicialmente pensou-se que Miranda tivesse sofrido vários processos de fragmentação e reagrupamento durante sua vida, cada vez destruindo parte de sua superfície original e expondo parte de seu interior.

- atualmente, acredita-se que o processo predominante seja o afloramento de gelos parcialmente derretidos.



mac01.eps.pitt.edu/courses/GEO0870/0870_Uranus.ppt

URANO – satélites

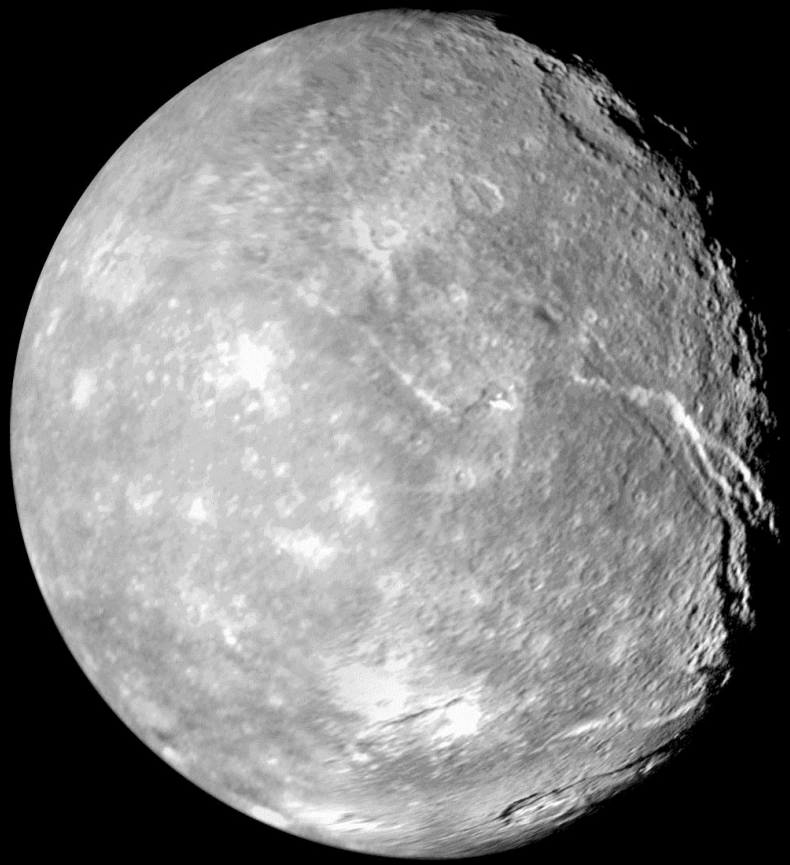
- **Ariel**
  - 12º satélite
  - diâmetro: 1158 km
  - composição provável: 40-50% de gelo de água e o restante de rochas
  - superfície é uma mistura de terrenos marcados por crateras e sistemas de vales interconectados com centenas de km de extensão e 10 km de profundidade.
  - Algumas crateras parecem ser parcialmente submersas.
  - Superfície jovem (porém mais velha que de Encélado).
  - Reprocessamento da superfície ainda atuante.
  - Cordilheiras são interpretadas por material de afloramento.

URANO – satélites

- **Umbriel**
  - Diâmetro: 1.170 km
  - Umbriel e Oberão são parecidos, mas Oberão é 35% maior.
  - Assim como os demais satélites de Urano, é composto de uma mistura de cerca de 40-50% de gelo de água e material rochoso.
  - Sua superfície é fortemente marcada por crateras, e muito antiga (provavelmente a mesma desde sua formação).
  - Umbriel é muito escuro; cerca de 50% mais escuro que Ariel, que é o satélite mais brilhante de Urano.

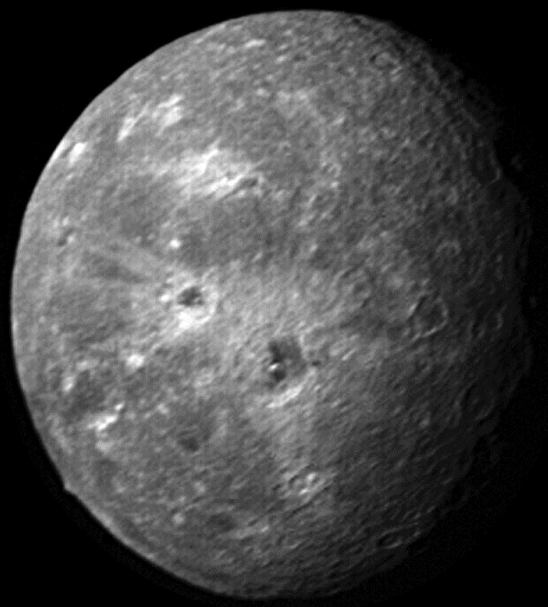
URANO – satélites

- **Titania**
  - Titania é o maior satélite de Urano.
  - diâmetro:1578 km
  - sua superfície é uma mistura de terrenos marcados por crateras e sistemas de vales interconectados, com centenas de quilômetros de extensão.
  - possivelmente, isso seja decorrência de processos sucessivos de reconstrução superfícial.



URANO – satélites

- **Oberão**
  - É o mais externo e o segundo maior
  - diâmetro: 1523 km
  - Superfície fortemente marcada por crateras, provavelmente estável desde sua formação.
  - Muito mais marcado por crateras, e de maior tamanho que em Ariel e Titania.
  - Parte da crateras têm raios formados de matéria ejetada semelhante àquelas vistas em Calisto.
  - Algumas das crateras têm fundos escuros, provavelmente porque são cobertos com material escuro (água suja?) que emergiu do fundo da cratera.
  - Grandes falhas são vistas através de todo o hemisfério sul.
  - Isso pode indicar existência de atividade geológica nos primórdios de sua história.



Oberon

© Copyright Calvin J. Hamilton

NETUNO – satélites

14 satélites

Nome(tamanho em km)

Naiad(48x30x26), Thalassa(54x50x26), Despina(90x74x64),

Galatea(102x92x72), Larissa(108x102x84), Proteus(220x208x202),

Triton(1,353.4), Nereid(170), S/2002 N1(24), S/2002 N2(24), S/2002

N3(24), S/2002 N4 (30), S/2003 N1(14)

http://en.wikipedia.org/wiki/Moons_of_Neptune

NETUNO – satélites

- **Netuno** tem 2 grandes satélites, Tritão e Nereida.
- 6 pequenos foram descobertos pela sonda Voyager 2. Todos possuem movimento orbital prógrado, e órbitas circulares de baixa inclinação.
  - Órbita de Tritão é inclinada em 157°, portanto seu movimento é basicamente retrógrado.
  - Órbita de Nereida é altamente elíptica e inclinada em 29°.

NETUNO – satélites

- **Naiade**
  - O satélite mais interno.
  - diâmetro: 58 km
  - Assim como Talassa, Despina e Galatea, tem forma irregular
- **Talassa**
  - diâmetro: 80 km
- **Despina**
  - diâmetro:148 km

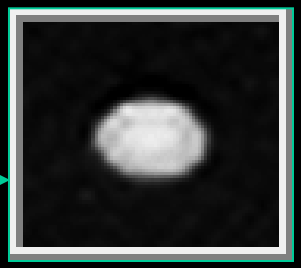
NETUNO – satélites

- **Naiade:** o satélite mais interno.

  diâmetro: 58 km

  Assim como Talassa, Despina e Galatea, tem forma irregular

- **Talassa**: diâmetro: 80 km

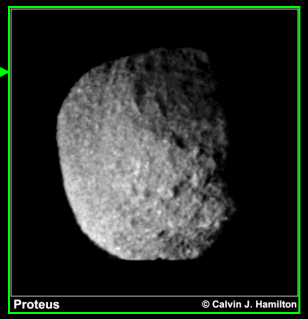


- **Despina:** diâmetro:148 km

- **Galatea**: diâmetro: 158 km .

- **Larissa:** diâmetro: 193 km (208 x 178) .

- **Proteus:** diâmetro: 418 km (436 x 416 x 402).



- **Nereida:** diâmetro: 340 km
  - a órbita mais excêntrica do Sistema Solar:
  - sua distância de Netuno varia entre 1.353.600 e 9.623.700 km (capturado do cinturão de Kuiper?)
  - essa proximidade provoca efeito de maré, que atua como uma fonte de aquecimento interno.

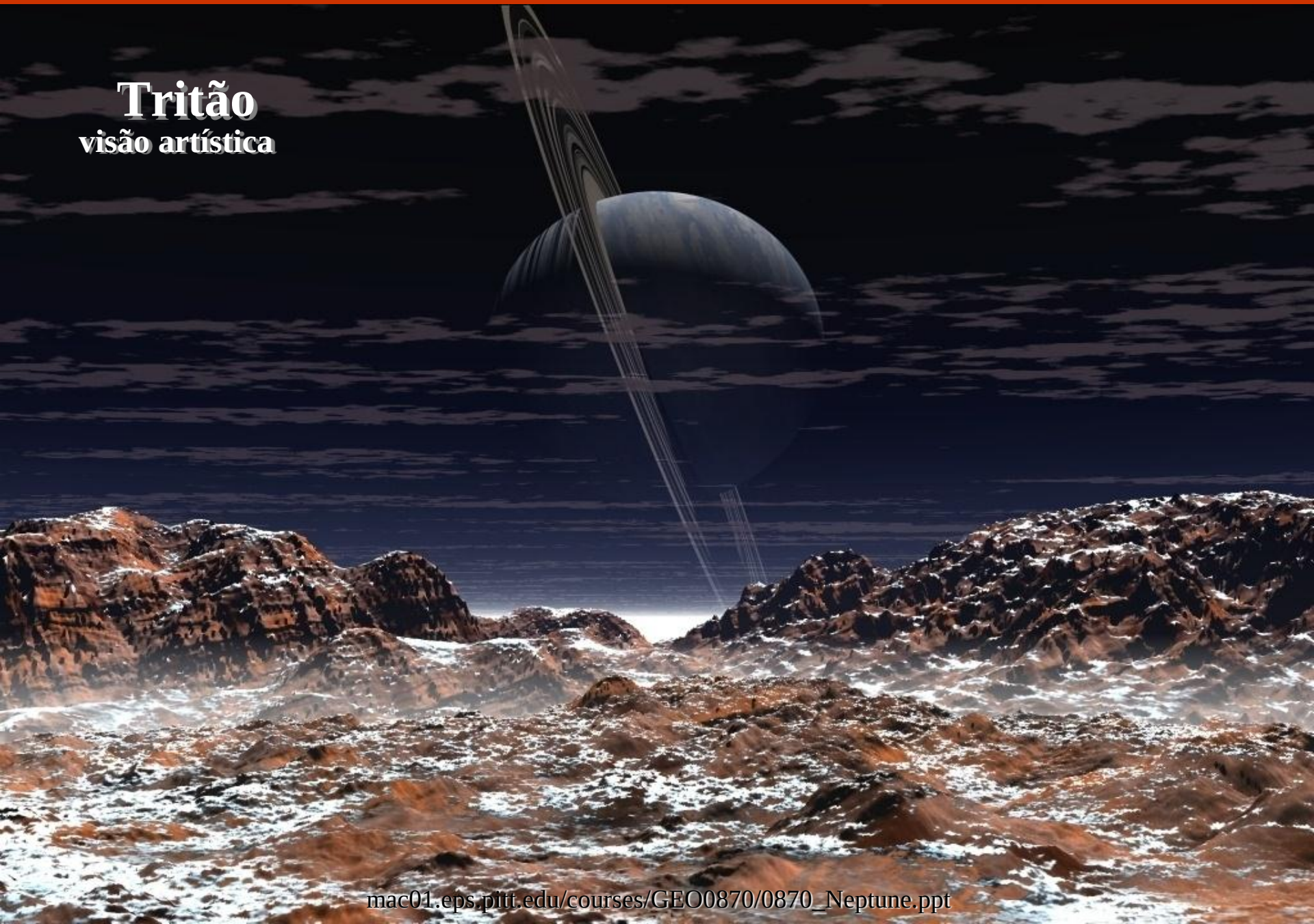
mac01.eps.pitt.edu/courses/GEO0870/0870_Neptune.ppt

NETUNO – satélites

- **Galatea**
  - Galatea é o 4o. Satélite.
  - diâmetro: 158 km .
- **Larissa**
  - Larissa é o 5o. satélite .
  - diâmetro: 193 km (208 x 178) .
- **Proteus**
  - Proteus, 6o. Satélite, o 2o. maior .
  - diâmetro: 418 km (436 x 416 x 402).
  - Proteus tem forma irregular, provavelmente seu tamanho está próximo ao limite necessário para ser esférico.
  - Tem superfície fortemente marcada por crateras, sem indícios de atividade geológica.

Proteus © Calvin J. Hamilton

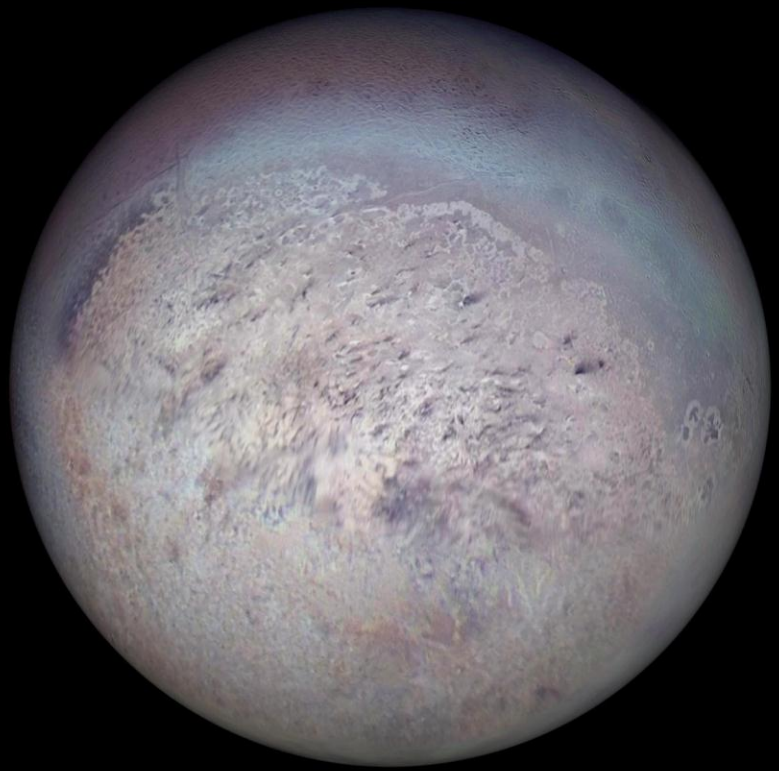
NETUNO – satélites



mac01.eps.pitt.edu/courses/GEO0870/0870_Neptune.ppt

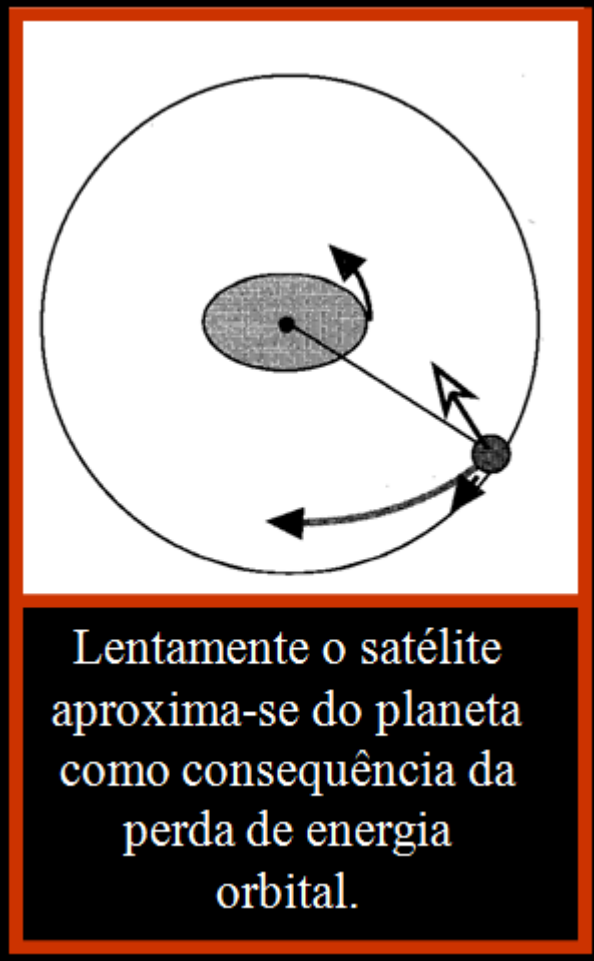
NETUNO – satélites

- **Tritão**
  - Tritão o maior sátélite de Netuno:
  - diâmetro: ~2700 km
  - Na mitologia grega é o deus do mar, filho de Netuno.
  - Sua órbita está inclinada 20º em relação ao plano equatorial de Netuno, e seu movimento é retrógrado, o único dentre os grandes satélites.
  - Ele deve ter sido formado em outro lugar, talvez no cinturão de Kuiper, e capturado por Netuno.
  - Essa captura parece explicar também a alta excentricidade da órbita de Nereida, cuja distância de Netuno varia entre 1,4 e 9,7 milhões de km.
  - Plutão tem quase o mesmo tamanho e sua órbita cruza a de Netuno.



NETUNO – satélites

- Tritão (cont.)
  - As forças de maré entre Tritão e Netuno e o sentido retrógrado de seu movimento órbital implicam em perda de energia de Tritão, aproximando-o de Netuno.
  - Em algum momento no futuro ele ultrapassará o limite de roche e poderá se fragmentar, talvez formando anéis ou até mesmo caindo em Netuno.
  - Seu eixo de rotação está inclinado 157^{O} em relação ao eixo de rotação de Netuno (que por sua vez está inclinado 30^{O} da vertical ao plano orbital).
    - esta situação provavelmente resulta em mudanças sazonais radicais.



Lentamente o satélite aproxima-se do planeta como consequência da perda de energia orbital.

- Densidade: 2 g/cm^3

provavelmente tenha apenas 25% de gelo de água e o restante é material rochoso.

NETUNO – satélites

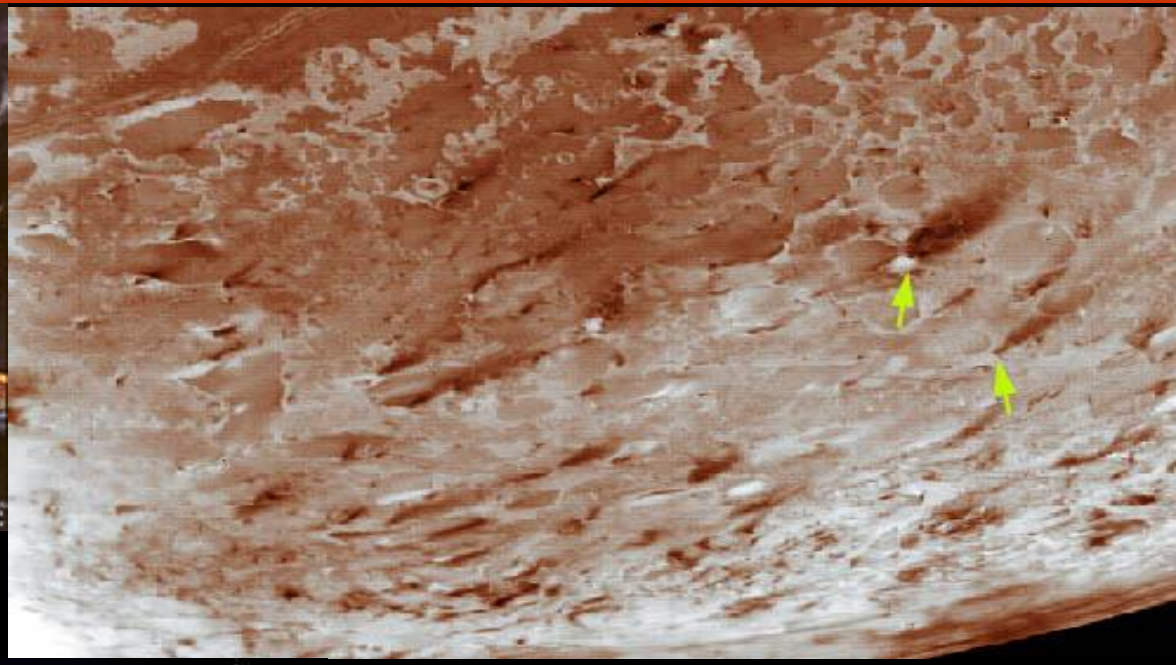
Tritão

Atmosfera:

- pressão: 0,01 millibar
- praticamente nitrogênio com pequena quantidade de metano.
- fina camada de névoa estende-se por 5-10 km acima da superfície.
- temperatura da superfície: 34,5 K (-235 C); . nessa temperatura metano, nitrogênio e dióxido de carbono permanecem congelados.

NETUNO – satélites

Visão artística



Tritão

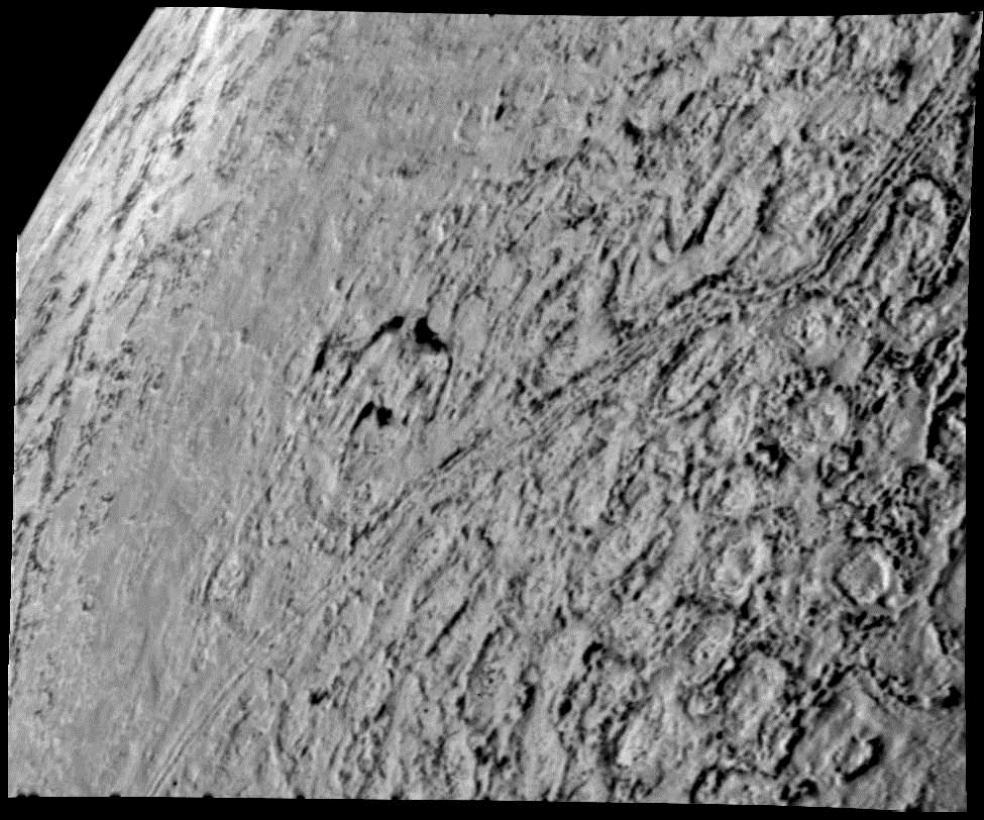
Gêiser de Nitrogênio líquido

8 km de altura e 140 km de extensão, na direção do vento

NETUNO – satélites

Tritão (cont.)

- há poucas **crateras**
- hemisfério sul é coberto por capa de gelo de nitrogênio e metano.
- toda a superfície de Tritão é marcada por um complexo padrão de estrias e vales extensos.
- **Atividade vulcânica**
  - o material ejetado deve ser nitrogênio líquido, poeira e/ou compostos de metano.



NETUNO – satélites

- **Nereida**
  - Nereida é o satélite mais externo, e o 3o. maior;
  - diâmetro: 340 km
  - Sua órbita é altamente excêntrica, a mais excêntrica do Sistema Solar:
    - sua distância de Netuno varia entre 1.353.600 e 9.623.700 quilômetros.
    - deve ter sido capturado (cinturão de Kuiper?)
  - Essa proximidade de Netuno provoca efeito de maré significativo, podendo agir como uma fonte de aquecimento interno.