

A atmosfera de Marte

A atmosfera de Marte é bem diferente da atmosfera da Terra.

Marte tem uma atmosfera muito fina composta principalmente da pequena quantidade de dióxido de carbono remanescente (95,3%), nitrogênio (2,7%), argônio (1,6%) e traços de oxigênio (0,13%) e água (0,03%).

Os seis componentes mais comuns da atmosfera marciana são:

- dióxido de carbono (CO₂): 95,32%
- nitrogênio (N₂): 2,7%
- argônio (Ar): 1,6%
- oxigênio (O₂): 0,13%
- monóxido de carbono (CO): 0,07%
- água (H₂O): 0,03%
- neônio (Ne): 0,00025%
- criptônio (Kr): 0,00003%
- xenônio (Xe): 0,000008%
- ozônio (O₃): 0,000003%

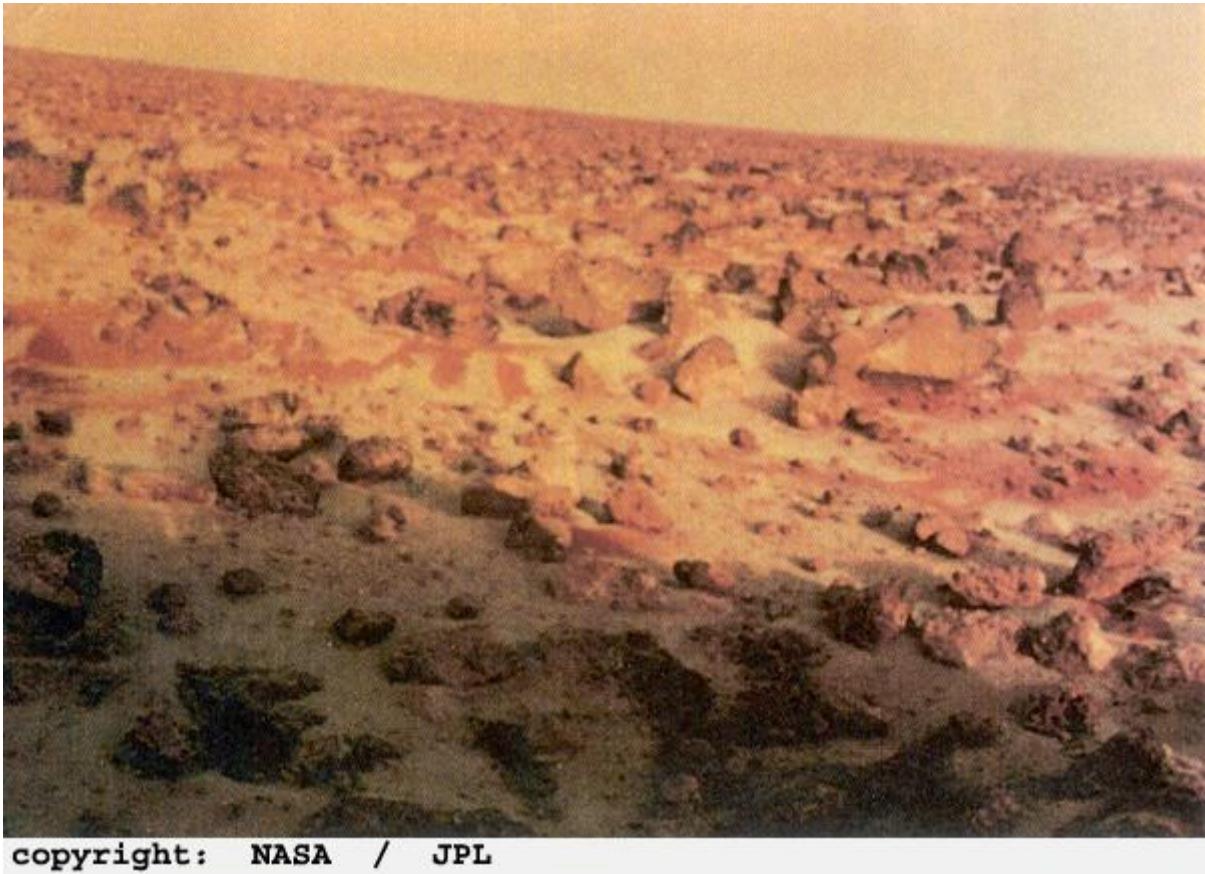
Vê-se que as proporções dos diferentes gases presentes na atmosfera de Marte são semelhantes àquelas encontradas na atmosfera de Vênus, embora cada um desses gases seja encontrado em uma quantidade um pouco menor em Marte.

O céu marciano não é azul como o da Terra. Sua cor é rosa forte, cor esta causada pelas finas partículas de poeira vermelha em suspensão na atmosfera.

O ar marciano contém apenas cerca de 1/1000 da água presente no ar terrestre. No entanto, mesmo uma quantidade tão pequena como esta pode se condensar, formando nuvens que flutuam a uma grande altitude na atmosfera ou giram em volta dos vulcões mais altos.

Também podem ser formados bancos de neblina durante as manhãs nos vales marcianos.

A imagem abaixo mostra o inverno no hemisfério norte de Marte. Esta é a região de pouso da sonda espacial Viking 2 no meio do inverno. Podemos observar que toda a região apresenta uma fina camada congelada que durou por cerca de 100 dias e cobria o solo em cada inverno. Esta camada é formada quando o dióxido de carbono congelado adere aos cristais de gelo de água e grãos de poeira presentes na atmosfera marciana fazendo-os se precipitarem para o solo. Por esta razão neste período do ano o céu marciano não tem a cor rosa forte que ele possui no verão.



O clima em Marte: temperatura e pressão

Cada um dos módulos de pouso das sondas espaciais Viking 1 e 2 transportava uma estação meteorológica para medir temperatura, pressão e vento.

Temperatura

Como esperado as temperaturas variam muito mais em Marte do que na Terra, devido à ausência de nuvens e oceanos moderadores.

Tipicamente o máximo no verão era de 240 K (-33o Celsius), caindo para 190 K (-83o Celsius) no mesmo local um pouco antes do anoitecer.

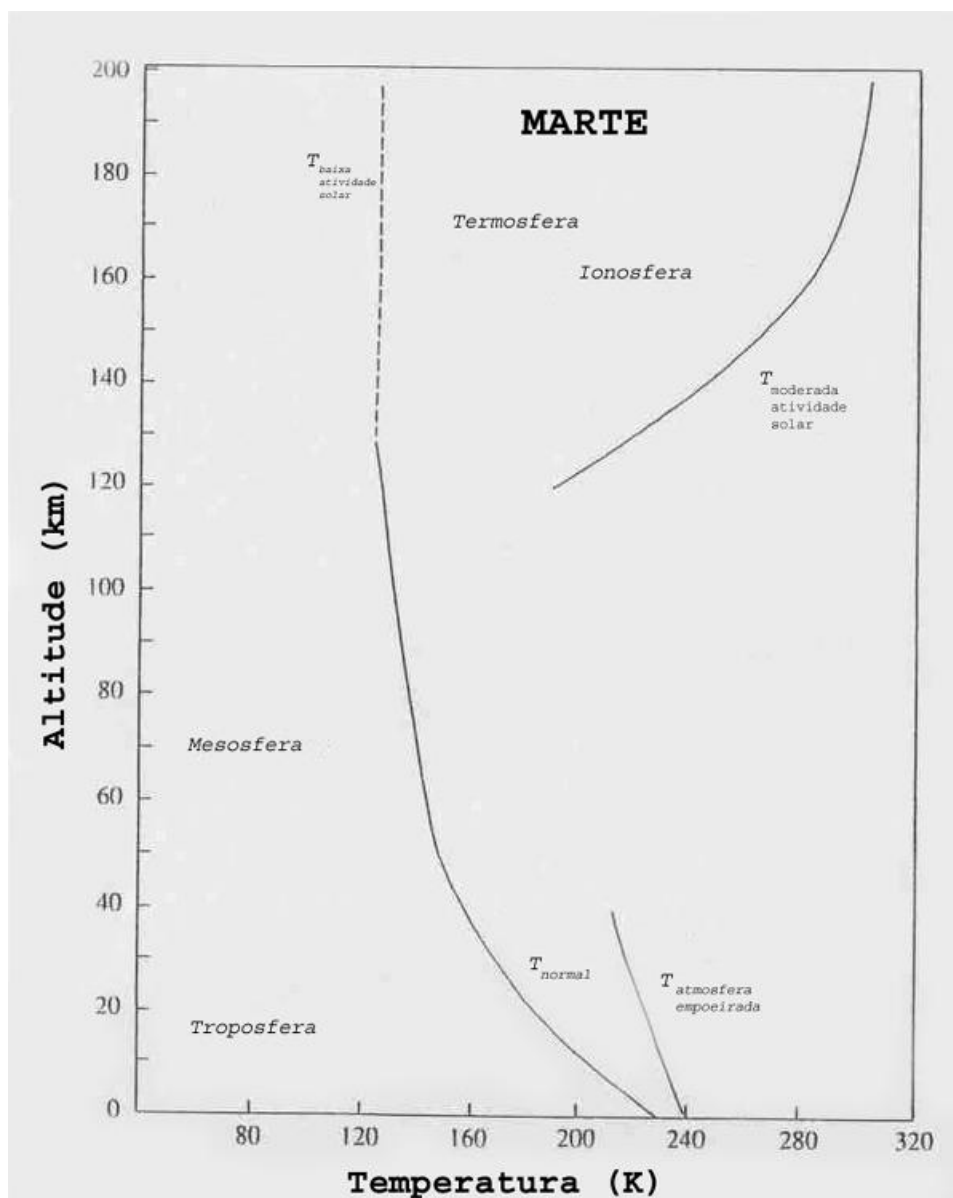
As mais baixas temperaturas do ar, medidas mais ao norte pela sonda espacial Viking 2, eram de aproximadamente 173 K (-100o Celsius).

Durante o inverno, a sonda espacial Viking 2 também fotografou depósitos de gelo de água no chão.

Nós falamos de "gelo de água" aqui por que em alguns locais de Marte fica frio suficiente para o dióxido de carbono (gelo seco) se congelar a partir da atmosfera também.

Embora a temperatura média de Marte seja de aproximadamente 218 Kelvin (K) (-55o C) as temperaturas na superfície marciana variam amplamente de um valor tão baixo quanto 140 K (-133 C) no polo de inverno a quase 300 K (27 C) no lado de dia durante o verão.

A temperatura média registrada em Marte é de -63o C com uma temperatura máxima de 20o C e mínima de -140o C.



A atmosfera fina de Marte produz um efeito estufa mas ele é apenas suficiente para elevar a temperatura da superfície por 5 Kelvin, muito menos do que nós vemos em Vênus ou na Terra.

Devido à sua órbita ser ligeiramente elíptica a variação da temperatura em Marte é de 30o C no ponto subsolar entre o afélio e o periélio.

Isto tem uma importante influência sobre o clima de Marte.

Nuvens, ventos e tempestades

Vários tipos de nuvens podem se formar na atmosfera marciana.

- nuvens de poeira:

As nuvens de poeira são produzidas por ventos fortes e, algumas vezes, se transformam em enormes tempestades capazes de cobrir uma grande fração da superfície de Marte.

Embora a atmosfera de Marte seja fina, ela é suficientemente espessa para suportar ventos muito fortes e enormes tempestades de poeira que em certas ocasiões envolvem o planeta inteiro por meses.

- nuvens de gelo:

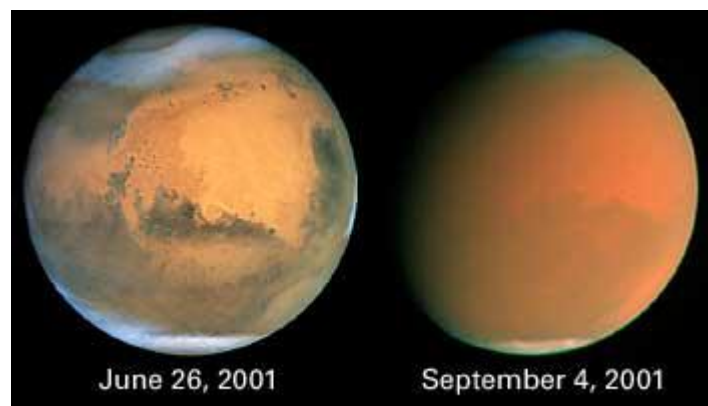
As nuvens de gelo de água em Marte são similares àsquelas na Terra. Estas nuvens freqüentemente se formam em torno de altas montanhas, do mesmo modo como ocorre no nosso planeta.

- nuvens de CO₂:

O próprio CO₂ existente na atmosfera de Marte pode se condensar em altas altitudes formando neblinas de cristais de gelo seco.

As nuvens de CO₂ não têm contrapartida na Terra, uma vez que no nosso planeta as temperaturas nunca caem bastante baixo (para baixo até cerca de 150 K) para este gás se condensar.

A maior parte dos ventos medidos nos locais de pouso das Vikings eram de baixos a moderados, com aproximadamente 24 quilômetros por hora.



Entretanto, Marte é capaz de grandes tempestades de vento que podem encobrir o planeta inteiro em poeira. Uma destas tempestades saudou a sonda Mariner 9 quando ela primeiro chegou em 1971. Durante tais tempestades o Sol foi grandemente enfraquecido nos locais de pouso das Viking e o céu tomou a cor vermelho escuro.

A imagem ao lado mostra a tempestade de poeira que cobriu quase totalmente o planeta Marte no ano de 2001. Pode-se comparar o planeta normalmente observado com o seu aspecto durante a tempestade. As duas imagens foram feitas pelo Hubble Space Telescope.

Pressão atmosférica

A atmosfera de Marte tem hoje uma pressão superficial média de somente 0,007 bar, menos de 1% daquela encontrada na superfície da Terra. A pressão marciana corresponde ao ar rarefeito que encontramos a cerca de 30 quilômetros acima da superfície da Terra.

A pressão atmosférica varia semestralmente em cada lugar de aterrissagem dos módulos de pouso.

O dióxido de carbono, o maior constituinte da atmosfera, congela de modo a formar uma imensa calota polar, alternadamente em cada polo. Ele forma uma grande cobertura de neve que se evapora novamente com a chegada da primavera em cada hemisfério.

Quando a calota do polo sul é maior, a pressão diária média observada pela sonda Viking 1 tem o valor baixo de 6,8 milibars. Em outras épocas do ano chega a atingir o valor de 9,0 milibars.

As pressões do local da sonda Viking 2 eram 7,3 e 10,8 milibars.

Em comparação, a pressão média na Terra é 1000 milibars.

A pressão média sobre a superfície de Marte é apenas 7 milibars (menos do que 1% da pressão na Terra) mas ela varia grandemente com a altitude de quase 9 milibares nas (basins) mais profundas a aproximadamente 1 milibar no topo do Monte Olympus.

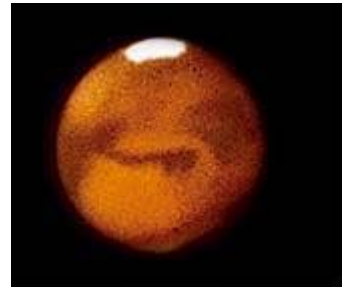
A dificuldade de existir água em Marte

Embora a atmosfera contenha vapor de água, e ocasionalmente nuvens de gelo de água possam se formar, a água líquida não é estável sob as condições atuais em Marte. Parte do problema são as baixas temperaturas sobre o planeta. Mas mesmo se a temperatura em um dia ensolarado de verão se eleva acima do ponto de congelamento, a água líquida ainda não pode existir. A uma pressão de menos de 0,006 bars, somente as formas sólida e de vapor são possíveis. Na verdade, o ponto de aquecimento é tão baixo ou mais baixo do que o ponto de congelamento, e a água muda diretamente de sólido para vapor sem um estado líquido intermediário.

As calotas polares de gelo em Marte

Através de um telescópio comum as características superficiais mais proeminentes em Marte são as brilhantes calotas polares, que mudam com as estações. A imagem ao lado, obtida com um pequeno telescópio, mostra a calota polar norte de Marte.

Estas calotas sazonais são similares às coberturas de neve sazonais que ocorrem na Terra.



Nós não pensamos usualmente na neve de inverno nas latitudes norte como parte de nossas calotas polares, mas vistas do espaço, a fina neve se mistura com as calotas de gelo permanentes e espessas criando uma impressão muito semelhante àquela vista em Marte.



As calotas sazonais em Marte são compostas não de neve ordinária mas de CO₂ congelado, o que chamamos comumente de "gelo seco". Estes depósitos se condensam diretamente da atmosfera quando a temperatura da superfície cai abaixo de cerca de 150 K.

As calotas se desenvolvem durante os frios invernos marcianos, se estendendo para baixo até cerca da latitude 50º no começo da primavera.

Muito distintas destas finas calotas sazonais de CO₂ são as calotas permanentes, ou residuais, presentes próximas aos polos.

Marte tem calotas de gelo permanente em ambos os polos compostas principalmente de dióxido de carbono sólido ("gelo seco"). As calotas de gelo exibem uma estrutura em camadas com camadas alternadas de gelo com concentrações variadas de poeira escura.

À medida que a calota sazonal se retrai durante a primavera e o início do verão ela revela a calota mais espessa e mais brilhante que está por baixo.

A calota permanente do sul tem um diâmetro de 350 quilômetros e é composta de depósitos de dióxido de carbono congelado junto com uma espessura desconhecida de água de gelo.

Através de todo o verão do sul, ela permanece no ponto de congelamento do CO₂, 150 K, e este reservatório frio é suficientemente espesso para sobreviver intacto ao calor do verão.

A calota permanente do norte é diferente. Ela é muito maior, nunca encolhe abaixo de um diâmetro de 1000 quilômetros, e é composta de gelo de água.

As temperaturas no verão no norte são altas demais para o CO2 congelado ser retido.

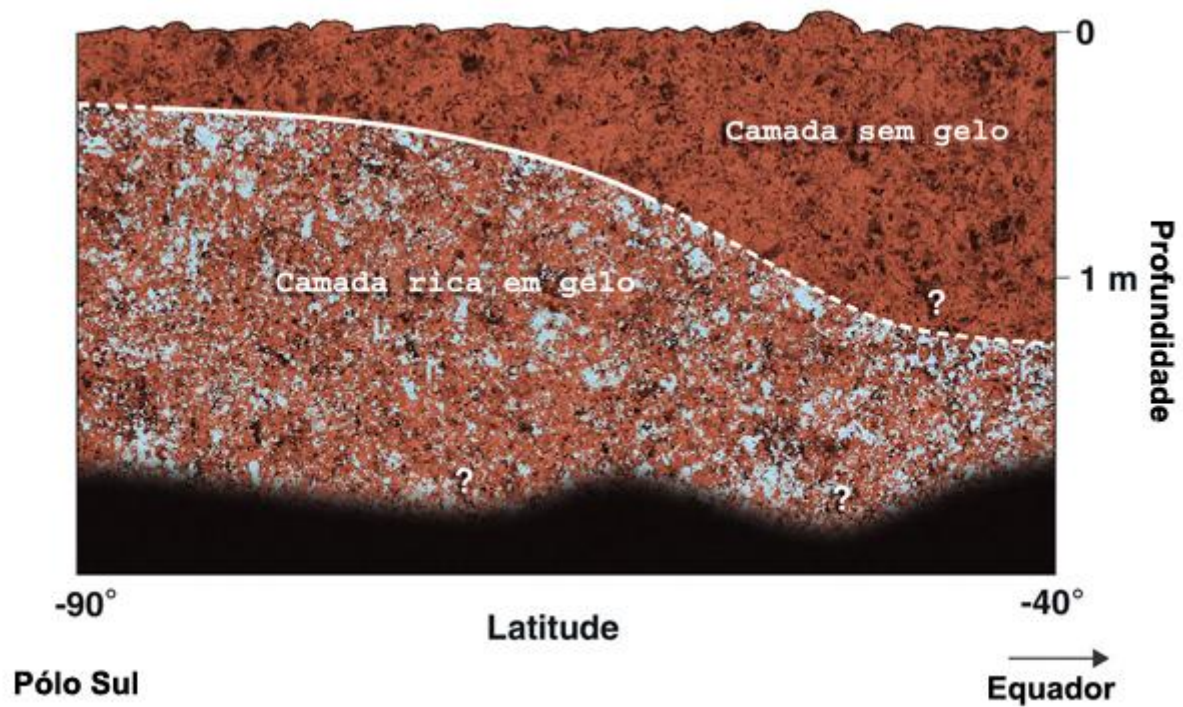
Não sabemos a espessura do gelo da água em ambas as calotas mas ela pode ser tanto como vários quilômetros.

No verão do hemisfério norte o dióxido de carbono sublima completamente deixando uma camada residual de gelo de água. A imagem abaixo mostra a calota polar norte residual de Marte. Ela tem a extensão de cerca de 1000 quilômetros de largura e é composta de gelo de água. Esta imagem foi obtida pelo módulo orbital da sonda espacial Viking.



copyright: NASA / USGS

Não se sabe se uma camada similar de gelo existe abaixo da calota do sul uma vez que sua camada de dióxido de carbono nunca desapareceu completamente.



O mecanismo responsável pelas camadas é desconhecido mas pode ser devido a mudanças climáticas relacionadas a variações de longo período na inclinação do equador de Marte em relação ao plano de sua órbita.

Pode haver também gelo de água escondido abaixo da superfície em baixas latitudes. As mudanças sazonais na extensão das calotas polares muda a pressão atmosférica global por aproximadamente 25%, como medida nos locais de pouso da Viking.

Em qualquer caso, as calotas polares representam um enorme reservatório de água comparado com as quantidades muito pequenas de vapor d'água presente na atmosfera de Marte.

As duas calotas são diferentes por que a distância de Marte ao Sol varia substancialmente durante o período de um ano. Isto significa que as estações (e as temperaturas) em Marte são afetadas tanto pela inclinação do seu eixo como por sua distância ao Sol.