

Kit Marte

Guia para fazer um mapa tátil da
superfície marciana



Universo
Acessível



REITOR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Roberto de Andrade Medronho

VICE-REITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Cassia Curan Turci

DECANO DO CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
Josefino Cabral Melo Lima

DIRETOR DO OBSERVATÓRIO DO VALONGO
Thiago Signorini Gonçalves

© Todos os direitos reservados aos autores e editores.
Realização do Projeto Universo Acessível.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Observatório do Valongo – Universidade Federal do Rio de Janeiro

L869k Lorenz-Martins, Silvia.
Kit Marte: guia para fazer um mapa tátil da superfície marciana / Silvia Lorenz
Martins ... [et al.]. -- Rio de Janeiro: OV/UFRJ, 2024.
1 recurso eletrônico (il.) ; digital.

Bibliografia: p.45
ISBN: 978-85-86998-13-3

1. Marte. 2. Sistema solar. 3. Astronomia. 4. Acessibilidade. I. Universidade
Federal do Rio de Janeiro - Observatório do Valongo. II. Título.

CDD: 523.43

Ficha catalográfica elaborada por Regina de Moura - CRB-7/6281

Kit Marte

Guia para fazer um mapa tátil da superfície marciana

Maria Clara Ferreira Alvarenga,
Rayssa Rayde da Silva Monteiro,
Lorraine Matheus Nascimento Ribeiro,
Larissa da Silva Gomes
Aires da Conceição Silva,
Priscila Alves Marques,
Silvia Lorenz-Martins

Kit Marte

O trabalho original, Tateando Marte, foi desenvolvido por estudantes de graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), dentro do projeto de extensão do Observatório do Valongo, Universo Acessível e deu origem a um livro falado publicado pelo Instituto Benjamin Constant, um mapa topográfico tátil de Marte e um protótipo do planeta, com características de sua superfície e interior. O documento atual foi revisado e ampliado e inclui, além da descrição de algumas das missões espaciais que visitaram o planeta Marte, instruções para reproduzir o mapa topográfico tátil, utilizando material de baixo custo e fácil de encontrar. Esse kit também vai acompanhado de um mapa da superfície de Marte e moldes para a composição do mapa topográfico tátil.

O projeto Universo Acessível tem enfoque na produção de recursos didáticos adaptados em diferentes formatos servindo de apoio para alunos do Ensino Fundamental com deficiência visual, buscando estimular o conhecimento nessa área. Desenvolvemos cadernos táteis, jogos, livros falados e objetos 3D, feitos com material de baixo custo que podem ser replicados mediante instruções disponibilizadas pelo projeto. O público de nossa ação são pessoas cegas e com baixa visão, em especial os alunos do Instituto Benjamin Constant (IBC). No entanto, atingimos estudantes de todo o Brasil, uma vez que o IBC distribui o material criado pelo nosso grupo, de forma gratuita.

O projeto é coordenado pela professora Silvia Lorenz-Martins e desenvolvido em colaboração com o projeto Ciência ao alcance das mãos, do Instituto Benjamin Constant, sob a coordenação do professor Aires da Conceição Silva.



Apresentação

O planeta Marte sempre despertou um interesse especial no imaginário popular, e quando o estudamos, esse interesse é notório e atemporal. No momento em que a humanidade começou a dar os seus primeiros passos na área espacial, Marte foi um dos primeiros destinos, e até nos tempos atuais, ainda é alvo de grandes missões e pesquisas, sendo o planeta que mais missões recebeu. O interesse pelo chamado planeta vermelho é explicado pela proximidade com a Terra e por apresentar algumas características similares a ela, o que nos ajuda a entender a formação e geologia dos planetas rochosos e a considerar a possível existência de água em seu interior, entre outros fatores importantes para a vida. Todos esses pontos são importantes para a continuidade das pesquisas, inclusive com o envio de missões tripuladas para avaliar, de maneira mais efetiva, as condições de Marte ser explorado e, quem sabe, colonizado, tornando-se nosso segundo lar. Na Terra, todas as formas de vida precisam de água para sobreviver. Se a vida alguma vez evoluiu em Marte, provavelmente o fez na presença de água. É por isso que a busca por evidências de vida em Marte se concentra em áreas onde a água líquida já foi estável ou abaixo da superfície, onde ainda pode existir. Dados de várias missões da NASA a Marte sugerem a presença de água líquida abaixo da superfície, e na forma de gelo nos polos marcianos.

Nesse documento apresentaremos algumas missões espaciais que fazem parte do programa de exploração de Marte, seus objetivos, os seus tipos e as agências que as construíram. A partir disso, entenderemos um pouco sobre esse planeta tão interessante e importante para a ciência espacial. Em seguida, daremos instruções para montar um mapa tátil da superfície de Marte usando material de baixo custo.

SUMÁRIO

1. Programa de exploração de Marte.....	7
2. Agências e programas espaciais.....	3
3. Missões do século XX.....	21
4. Missões do século XXI.....	26
5. Missões futuras.....	42
6. Considerações finais.....	44
7. Referências.....	45
8. Confecção do mapa tátil superficial de Marte.....	46

O Programa de Exploração de Marte visa explorar o planeta fornecendo um fluxo contínuo de informações e descobertas científicas por meio de uma série de orbitadores robóticos, aterrissadores e laboratórios móveis interconectados, caracterizados por diferentes missões espaciais. Alguns dos objetivos dessas missões são entender: (1) a formação e evolução inicial de Marte como um planeta; (2) a história dos processos geológicos e climáticos que o moldaram ao longo do tempo; (3) o seu potencial de ter hospedado vida (seu “potencial biológico”); (4) as possibilidades de vir a ser explorado por humanos; e (5) as suas semelhanças e contrastes com a Terra.

Entre os meios necessários na execução de seus projetos, as missões espaciais contam com equipamentos de laboratório que realizam medições, como: magnetômetros, detectores de partículas, componentes químicos, além de câmeras para capturar fotos, entre outros aparelhos. Todos os dados coletados são enviados à Terra por telemetria. Para cada objetivo, há uma missão diferente. Na exploração de Marte, vários tipos de missões espaciais foram utilizadas. A seguir descrevemos as diferenças entre cada um.

1.1 Missão de sobrevoo: Missão onde é utilizada uma sonda que passa perto de um corpo planetário, mas não se estabelece na sua órbita, voltando logo depois para o ponto de partida, no caso, a Terra. Ela nos dá um reconhecimento inicial para preparar missões futuras e reúne dados imediatos, mas não poderá retornar para realizar mais observações, podendo assim perder informações importantes. Exemplo: Mariner 7 e Mariner 8, NASA. Ambas foram projetadas para serem as primeiras orbitadoras de Marte, marcando uma transição em na exploração do Planeta Vermelho, de voar pelo planeta para passar um tempo em órbita ao redor dele. Uma representação artística da nave pode ser vista na Figura 1, a seguir.

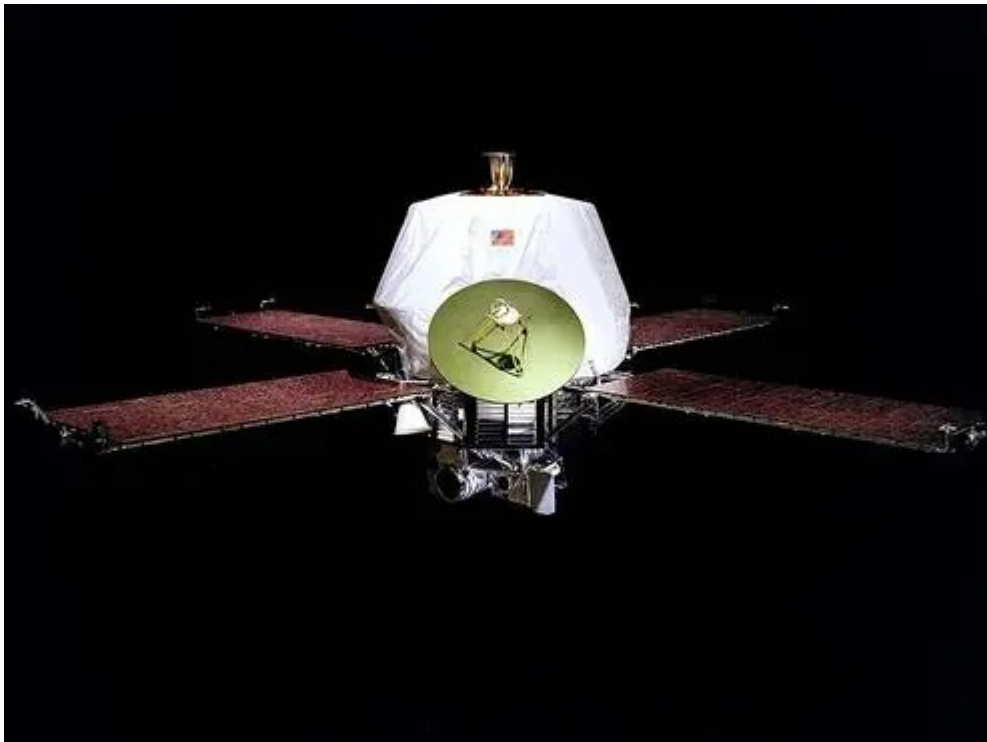


Figura 1 – Representação artística da nave Mariner 7. Créditos: NASA/JPL-Caltech .

1.2 Missão com orbitadores: Utiliza sondas que permanecem em órbita ao redor de um objeto astronômico. Quando se estabelece, o orbitador que circula o planeta pode capturar fotos e vídeos, realizar medidas, detectar a temperatura, mapear áreas, trazendo informações mais detalhadas por um maior período, sem correr riscos de perder algum dado importante, mas não consegue realizar maiores estudos sobre a superfície. Exemplos: Mars Reconnaissance Orbiter e Mars Global Surveyor, ambas da NASA (Figuras 2 e 3).

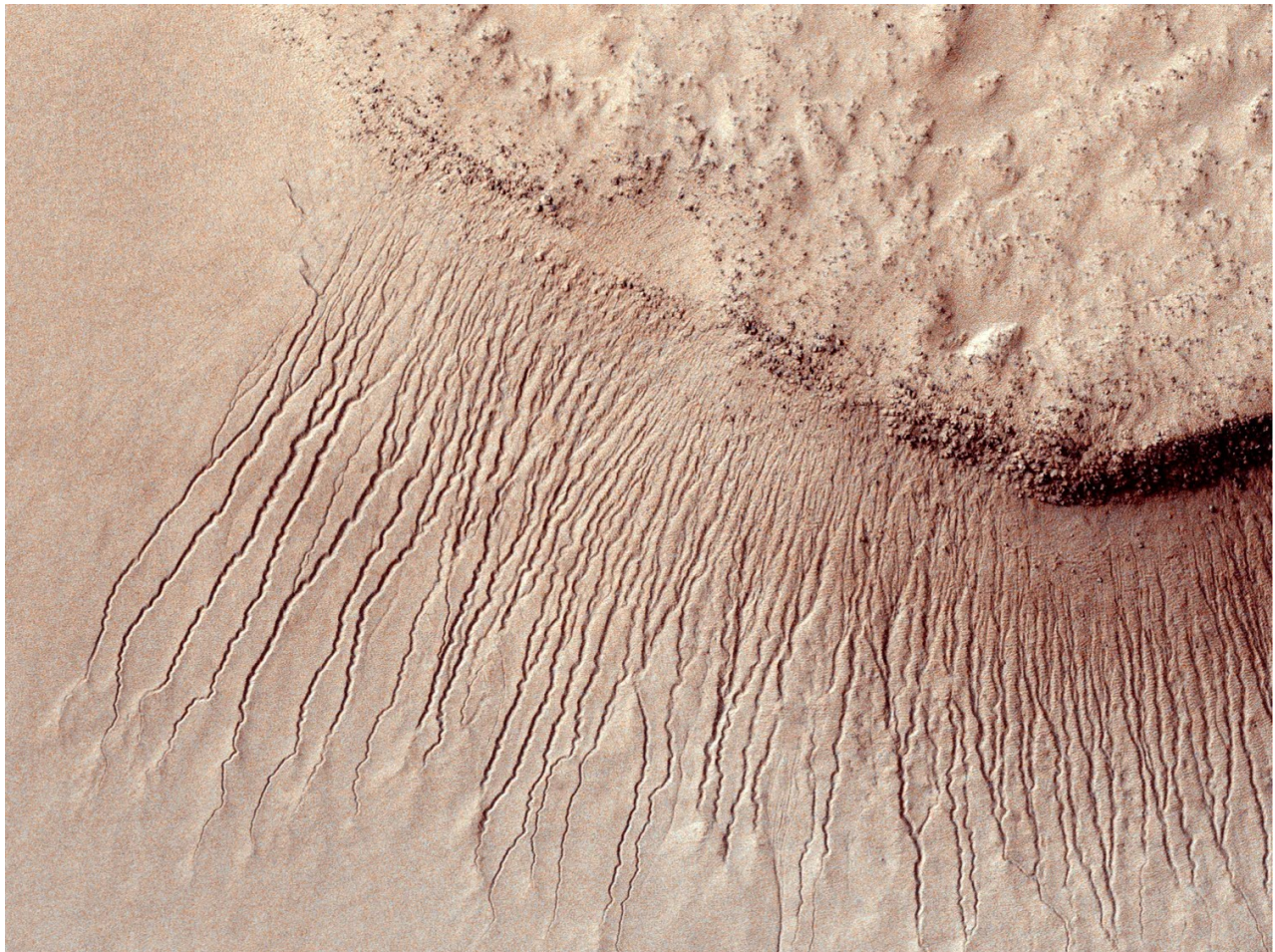


Figura 2 – Imagens como esta da câmera High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE) do Mars Reconnaissance Orbiter da NASA mostram muitos canais de aproximadamente 1 a 10 metros de largura na bacia de impacto Hellas. Créditos: NASA/JPL-Caltech/Universidade do Arizona.

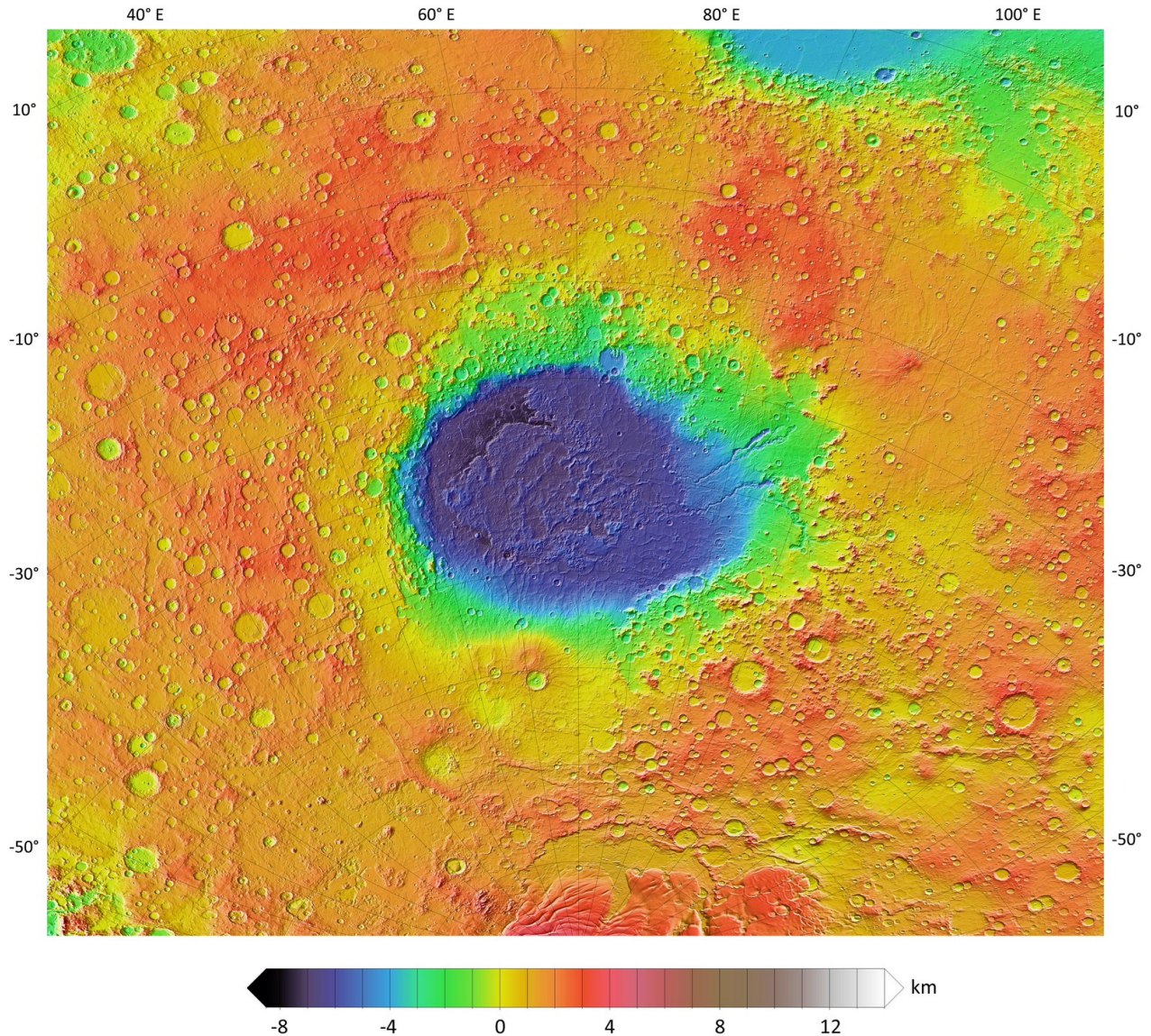


Figura 3 – Mapa Topográfico colorido da bacia de impacto marciana Hellas e seus arredores, feita pelo instrumento Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) da nave espacial Mars Global Surveyor. 19 de janeiro de 2007. A Mars Global Surveyor contribuiu com uma infinidade de descobertas, incluindo sinais de água e recursos hídricos atualmente ativos nas paredes da cratera Newton. Crédito: NASA/JPL-Caltech/Universidade Estadual do Arizona.

1.3 Missão com módulo de pouso/ Landers: Esse tipo de missão faz uma aterrissagem no solo do planeta ou lua e fica estacionada. Ela analisa a composição, estrutura da superfície e das rochas da região onde está parada. Além disso, estuda a atmosfera durante o seu pouso, a temperatura e o campo magnético, porém não consegue analisar outras áreas ao redor, limitando o estudo mais aprofundado sobre a superfície total. Ex. Viking 1 e 2 da NASA, Figura 4.

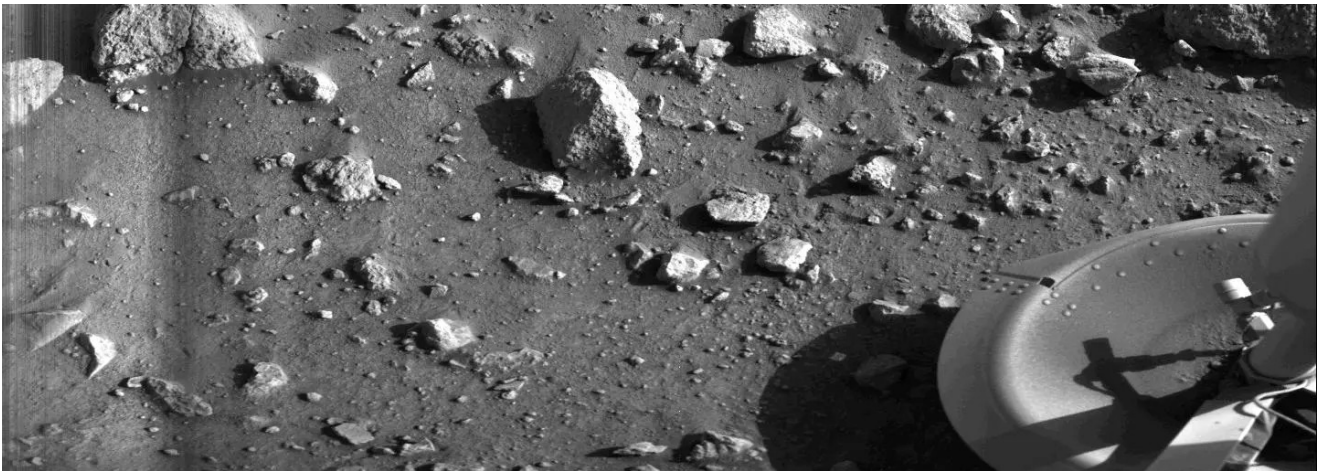


Figura 4 – Tirada pelo módulo de pouso Viking 1 logo após pousar em Marte, esta imagem é a primeira fotografia já tirada da superfície de Marte. Foi tirada em 20 de julho de 1976. Os objetivos primários da missão Viking, que era composta por duas espaçonaves, eram obter imagens de alta resolução da superfície marciana, caracterizar a estrutura e composição da atmosfera e superfície e procurar evidências de vida em Marte. Créditos da imagem: NASA.

1.4 Missão com rover: é uma missão que utiliza um veículo robótico com capacidade de locomoção, tendo seis rodas e que pode ser controlada por um operador a distância, localizado na Terra. É ideal para analisar uma área maior, e como consequência, reúne detalhes mais aprofundados sobre o solo, além de mapeá-lo. Também pode estudar a composição de rochas e comprovar a existência de água, realizar experimentos químicos e recolher amostras para uma análise futura. Adicionalmente, captura imagens e grava vídeos com maior resolução. É a melhor opção para estudar a superfície de planetas e luas. Exemplo: **Mars Pathfinder e o rover Sojourner (Figura 5).**

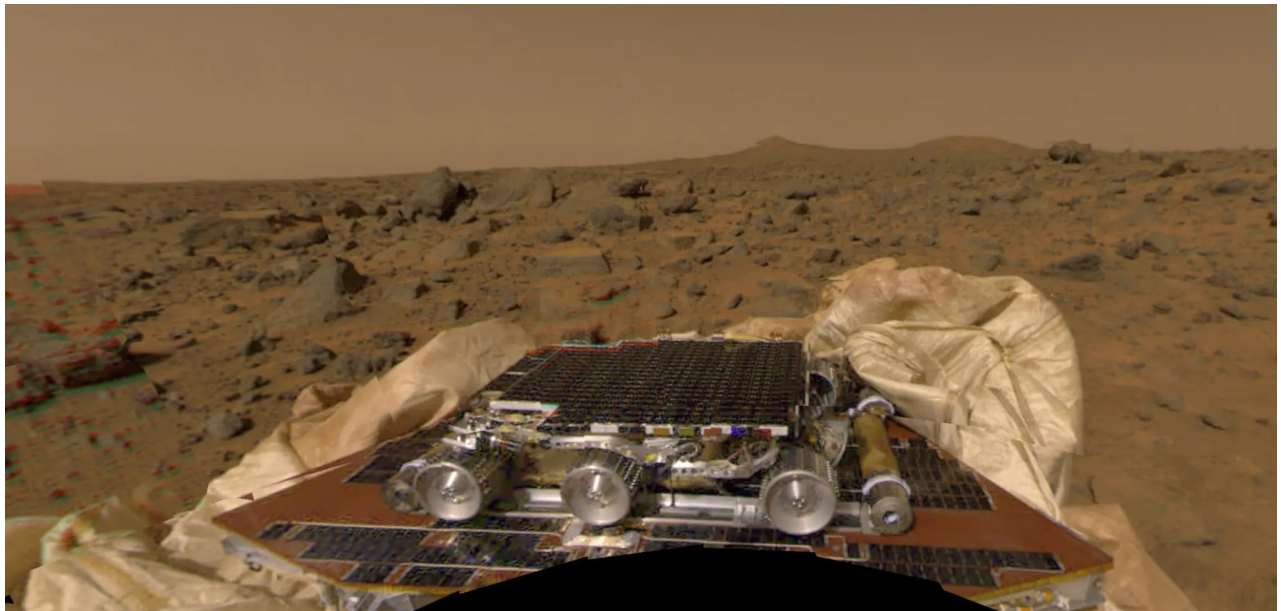


Figura 5 – Os airbags desinflados do Mars Pathfinder (módulo de pouso) são vistos atrás do rover Sojourner, neste mosaico de 4 de julho de 1997. O microrover Sojourner está preso a estrutura. Créditos: NASA/JPL.

Existem diversas agências espaciais ao redor do mundo, sendo a mais conhecida a Agência Espacial Americana, a NASA. A União Soviética só criou a sua agência, a Roscosmos, em 1992, mas teve grande atuação na exploração espacial nos anos 1950, com a exploração de planetas do Sistema Solar e o desenvolvimento de foguetes tripulados, ligados ao Programa Espacial Soviético. Atualmente muitas das missões espaciais são desenvolvidas em parcerias entre as agências de diferentes países. A seguir, descrevemos algumas iniciativas de exploração espacial feitas por diferentes países e suas agências espaciais.

2.1 Programa Espacial Soviético/União Soviética (URSS): Não se sabe exatamente quando o Programa Espacial Soviético foi fundado, já que este era um programa secreto. Porém em agosto de 1957, a União Soviética realizou de maneira pública o primeiro teste bem-sucedido do R7 Semyorka, o primeiro míssil balístico intercontinental. Ele foi resultado de pesquisas e desenvolvimento baseado nos foguetes V2 do partido nazista, que haviam sido usados contra as nações aliadas durante a Segunda Guerra Mundial. Dois meses após o teste bem-sucedido, o míssil foi utilizado para levar o primeiro satélite artificial inventado para orbitar a Terra, o Sputnik, dando início a corrida espacial. Após o Sputnik, o programa soviético foi pioneiro na corrida espacial levando além do satélite, o primeiro ser vivo (a cadela Laika), o primeiro homem (Yuri Gagarin), a primeira mulher (Valentina Tereshkova) ao espaço, a primeira caminhada espacial e a primeira estação espacial. A URSS também se tornou uma pioneira na exploração espacial ao planeta vermelho, enviando diversas missões para estudá-lo. Todas as missões foram muito importantes, tanto para dados recolhidos quanto para a evolução tecnológica, mesmo que muitas tenham fracassado.

2.2 NASA/USA: A criação da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, do inglês National Aeronautics and Space Administration (NASA), foi a reação estadunidense ao sucesso do programa espacial soviético no contexto da corrida espacial. Criada em 29 de julho de 1958, é uma agência pública dos Estados Unidos e tem como foco o desenvolvimento de tecnologia e pesquisa aeronáutica e espacial, além da exploração espacial. A NASA foi a agência responsável por pousar o primeiro homem na lua, e desde então atua como referência mundial entre os centros de pesquisa espaciais.



Figura 6 – Logomarca da NASA – National Aeronautics and Space Administration.

2.3 Roscosmos/Rússia: Para seguir o legado do programa espacial soviético após a dissolução da União Soviética, a Roscosmos foi criada pela Rússia em 1992. Considerada uma das maiores agências espaciais do mundo, a agência russa tem como objetivo desenvolver tecnologia para missões espaciais e promover a ciência e a pesquisa no espaço. Entre suas missões mais importantes estão a série de voos tripulados Soyuz, usados para enviar astronautas para a Estação Espacial Internacional. A Roscosmos também está envolvida na colaboração internacional em missões espaciais, trabalhando com outras agências espaciais em projetos como a Estação Espacial Internacional. Embora tenha tido alguns desafios em missões recentes, continua sendo uma força importante na exploração espacial.



Figura 7 – Logomarca da Roscosmos (em russo: Роскосмос)

2.4 Agência Espacial Europeia (ESA): Criada em 1975, é uma organização internacional composta por 22 países, como Alemanha, Reino Unido, Itália, Espanha, Dinamarca e entre outros, que coordenam recursos financeiros e intelectuais para desenvolver e executar o programa espacial europeu. Os programas da ESA são projetados para explorar a Terra, seu ambiente espacial imediato, nosso sistema solar e o universo, além de desenvolver tecnologias e serviços baseados em satélites e promover as indústrias europeias. A agência também trabalha em colaboração com outras organizações espaciais fora da Europa para atingir seus objetivos comuns, como a missão ExoMars, em parceria com a agência russa, e a futura missão Mars Sample Return, que será realizada em parceria com a agência espacial americana.



Figura 8 – Logomarca da agência espacial Europeia

2.5 Agência Espacial dos Emirados Árabes Unidos (UAE): Fundada em 2014, tem como objetivo organizar, regulamentar e apoiar o setor espacial no país, bem como incentivar o desenvolvimento e uso da ciência e tecnologia espacial contribuindo com a economia nacional por meio do setor espacial. Com esses objetivos, a Agência Espacial Árabe busca tornar os Emirados Árabes Unidos uma referência em tecnologia espacial e pesquisas científicas. Em 2019, a primeira missão interplanetária da UAE, a sonda Hope, foi lançada com sucesso e tem como objetivo estudar a atmosfera de Marte, fornecendo informações sobre as mudanças climáticas no planeta vermelho.

وكالة الإمارات للفضاء
UAE SPACE AGENCY



United Arab Emirates

Figura 9 – Logomarca da agência espacial dos emirados árabes

2.6 Administração Espacial Nacional da China (CNSA): A Administração Espacial Nacional da China (CNSA, na sigla em inglês) é a organização governamental chinesa responsável pela gestão das atividades espaciais de uso civil e cooperação espacial internacional com outros países. A CNSA foi fundada em 1993 e tem como objetivo estudar e formular políticas, regulamentações, programas e planos de desenvolvimento da indústria espacial, bem como organizar e implementar projetos e programas espaciais de grande porte. Nos últimos anos, a China tem tido um papel cada vez mais importante na exploração espacial. A agência lançou sua primeira missão tripulada em 2003 e, desde então, tem realizado diversos avanços significativos no setor espacial, incluindo a realização do primeiro pouso na face oculta da Lua em 2019 e o envio da sonda Tianwen-1 a Marte em 2020.



Figura 10 – Logomarca da CNSA (*China National Space Administration*)

2.7 Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA): A Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA) é uma agência governamental responsável pela pesquisa em aviação e exploração espacial. A JAXA é dividida em sete órgãos e é encarregada de desenvolver veículos de lançamento de satélites, satélites de observação da Terra, programas de voos tripulados, tecnologias para aviação e exploração científica de satélites e planetas. A agência foi criada em 2003 a partir da fusão de duas agências espaciais japonesas pré-existentes, o Instituto de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (ISAS) e a Agência Nacional de Desenvolvimento Espacial (NASDA). Desde sua formação, a JAXA já realizou várias missões importantes, incluindo o desenvolvimento de um módulo para a Estação Espacial Internacional, o envio de uma sonda para estudar a Lua e o retorno de material do cinturão de asteroides para a Terra (missão Hayabusa).



Figura 11 – Logomarca da JAXA - *Japan Aerospace eXploration Agency*

2.8 Organização Indiana de Pesquisa Espacial (ISRO): A ISRO é responsável pelo desenvolvimento tecnológico para explorar o espaço sideral e foi criada em 1969. É ligada ao Departamento de Espaço (DOS), do Governo da Índia e substituiu o Comitê Nacional Indiano para Pesquisa Espacial (INCOSPAR). Seu principal objetivo é o desenvolvimento e aplicação de tecnologia espacial para diversas necessidades nacionais. A ISRO tem se destacado na pesquisa e desenvolvimento de tecnologia espacial e já realizou missões importantes, como a missão lunar Chandrayaan-1 e a missão à Marte, Mars Orbiter Mission. Além disso, a agência também tem trabalhado para desenvolver a tecnologia de foguetes reutilizáveis.



Figura 12 – Logomarca da ISRO - *Indian Space Research Organisation*

A seguir apresentamos algumas das inúmeras missões espaciais dedicadas ao planeta Marte no passado e na atualidade. Tais projetos foram importantes tanto para o avanço na tecnologia empregada na exploração espacial como no avanço da ciência em si. Caso se interesse e queira se aprofundar sobre o tema, nas referências há links para as diferentes agências espaciais e suas missões observacionais.

3.1 Missões do programa espacial soviético

Missões Marsnik (1960)

Foi o primeiro programa espacial no mundo que tinha como destino Marte e possuía duas missões de sobrevoo, **Marsnik 1** e **Marsnik 2**. Seus objetivos eram investigar o espaço interplanetário entre a Terra e Marte, estudar o planeta e enviar imagens da superfície durante o sobrevoo. Foram lançadas em 1960, mas ambas fracassaram, pois não tiveram impulso suficiente para sair da órbita da Terra, caindo logo depois do lançamento.

O Programa Mars (1960 – 1973)

As missões **Mars** tinham como objetivo capturar imagens de Marte e recolher dados da sua composição geológica, sua atmosfera, radiação cósmica, temperatura, meteorologia, campo magnético, além de entender sua órbita, observar impactos de meteoritos e estudar as luas marcianas. Algumas missões do programa Mars foram muito importantes, como a **Mars 1**, que foi lançada em 1º de novembro de 1962, sendo a primeira missão de sobrevoo que conseguiu deixar a Terra. Mas por uma falha na antena, o sinal da sonda foi perdido no ano seguinte.

As gêmeas **Mars 2** e **Mars 3** também foram relevantes. Ambas eram orbitadoras e possuíam um módulo de pouso chamado Prop-M. Lançadas em 1971, estudaram a superfície, gravidade, temperatura, atmosfera de Marte e reuniram mais de 50 imagens do planeta. O módulo de pouso da **Mars 3** conseguiu pousar na superfície, se tornando o primeiro feito pelo homem que obteve êxito, porém após 20 segundos, a transmissão parou. As missões pararam de transmitir sinais em agosto de 1972.

Na continuação do programa, a **Mars 6**, foi enviada em 1973 e reuniu informações sobre as camadas e composição da atmosfera. Além disso, seu o módulo de pouso levantou mais informações sobre a densidade e temperatura da atmosfera, mas 224 segundos depois de ser ligada, os dados cessaram.

Missões Phobos (1988)

Após o sucesso das missões Mars, a URSS enviou mais sondas para Marte. O programa Phobos tinha duas missões: **Phobos 1** e **Phobos 2**, sendo ambas orbitadoras. Seus objetivos foram obter dados atmosféricos e da superfície do planeta, além de realizar observações do Sol, do ambiente interplanetário e analisar a composição do solo do satélite marciano Fobos.

A missão **Phobos 1** foi lançada em 05 de julho de 1988, mas após falhas consecutivas no comando, o sinal foi perdido em setembro de 1988. Diferente da sua companheira, a **Phobos 2**, lançada sete dias depois, operou com normalidade recolhendo dados sobre Marte e sua lua, porém quando liberou os módulos de pouso no solo, a transmissão foi perdida.

Mars 96 (1996)

Alguns anos depois, a Rússia e sua nova agência espacial Roscosmos enviou uma nova missão chamada **Mars 96**, uma missão orbitadora que possuía quatro landers. Foi lançado em 16 de novembro de 1996 e pretendia chegar em 10 meses, mas retornou para a atmosfera terrestre no dia seguinte, caindo em diversas partes na América do Sul, sem razão conhecida. Seus objetivos eram investigar a evolução e os processos físicos e químicos marcianas. Após o seu fracasso, as missões russas foram paralisadas.

3.3 – Missões da NASA

O Programa Mariner (de 1964 a 1971)

Os objetivos do programa eram tirar fotos, estudar a atmosfera, a geologia, a temperatura e o campo magnético marciano e de outros planetas do Sistema Solar. A primeira missão bem-sucedida desse programa foi a **Mariner 4**. Enviada em novembro de 1964, a missão obteve imagens, recolheu dados que mostraram que a atmosfera marciana é composta de dióxido de carbono (CO_2) e detectaram um campo magnético fraco. As seguintes, **Mariner 6 e Mariner 7**, enviadas em 1969, mediram a temperatura, composição química da atmosfera, além de obterem mais de 200 imagens, enviando dados que cobriram 20% da superfície do planeta.

Já a **Mariner 9** lançada em 1971, voltou suas observações para as luas marcianas Deimos e Phobos, pois uma intensa tempestade de areia impedia a observação do planeta Marte. Passada a tempestade, a sonda obteve imagens, detectou fenômenos meteorológicos, estudou as nuvens de gelo, além de descobrir vales, vulcões, canais e crateras em Marte. Somado a isso, determinou o tamanho do planeta e de suas luas.



Figura 13 – Após uma viagem de oito meses a Marte, a Mariner 4 faz o primeiro sobrevoo do planeta vermelho, tornando-se a primeira espaçonave a tirar fotos de perto de outro planeta, em 1965. Créditos da imagem: NASA.

Missões Viking (1975)

As Missões Viking foram enviadas em 1975 e eram tecnologicamente mais avançadas que as Mariner. A **Viking 1** e a **Viking 2**, juntas, mapearam quase 98% do solo marciano, obtiveram mais de 52.000 imagens de alta resolução e reuniram dados geológicos, fenômenos atmosféricos, além de analisar a temperatura. Já os landers **Viking 1** e **Viking 2** transmitiram imagens da superfície, coletaram amostras da superfície e as analisaram para composição e sinais de vida, estudaram composição atmosférica e meteorologia e implantaram sismômetros. Obtiveram mais de 1.500 imagens e a busca por evidências de vida em Marte não foi conclusiva.

Mars Pathfinder (1996)

Lançada em 1996, a **Mars Pathfinder** era um módulo de pouso de baixo custo da NASA do programa espacial Mars Surveyor. O Mars Pathfinder foi originalmente projetado como uma demonstração de tecnologia para levar um módulo de pouso instrumentado e um rover robótico à superfície do Planeta Vermelho. Pousou na região de Ares Vallis utilizando um mecanismo novo com paraquedas, foguetes e airbags que suavizaram a queda. Para estudar a região, foi enviado o pequeno rover chamado **Sojourner**, que percorreu uma parte da superfície durante três meses. Foram coletados dados sobre a composição das rochas e do solo. Também foram realizadas medições atmosféricas e propriedades magnéticas. A missão retornou mais de 17.000 imagens do planeta e a comunicação foi perdida em 1997.



Figura 14 – Imagem feita pelo rover Sojourner do Twin Peaks. Os picos têm aproximadamente entre 30-35 metros de altura. Créditos da imagem: NASA.

Missões da JAXA

Nozomi (1998)

O principal objetivo da **Nozomi** foi estudar a atmosfera superior do planeta, focando na sua interação com o vento solar. No segundo semestre de 1998, a sonda fez duas passagens pela Lua e, posteriormente, uma pela Terra para ajustar sua trajetória em direção a Marte. No entanto, problemas técnicos ocorreram durante o trajeto, resultando em mudanças significativas de órbita e atrasando a chegada a Marte em quatro anos. Porém, devido aos problemas frequentes, os sistemas necessários para entrada da sonda na órbita ao redor de Marte não funcionaram. A sonda se tornou um "planeta artificial" que voa para sempre em órbita ao redor do Sol perto de Marte. Dessa forma, mesmo não atingindo seus objetivos primários, a missão conseguiu recolher informações importantes para o desenvolvimento da agência japonesa.

Mars Odyssey (NASA) (2001)

Enviada em 2001, essa missão orbitadora é a última e a mais duradoura do Projeto Mars Surveyor, podendo ser usada até 2025. Ela completou com sucesso sua missão científica primária de fevereiro de 2002 a agosto de 2004. Realizou uma análise mineralógica detalhada da superfície, mede o ambiente de radiação, determina com vários dados reunidos se o ambiente em Marte já foi propício à vida, caracteriza o clima e a geologia. A **Odyssey** continua seu trabalho hoje, estudando nuvens, neblina e geada, e mapeando rochas da superfície para tornar futuros pousos em Marte mais seguros, enquanto o orbitador se aproxima de sua 100.000ª viagem ao redor do Planeta Vermelho. No momento, transmite sinais para o rover Curiosity.

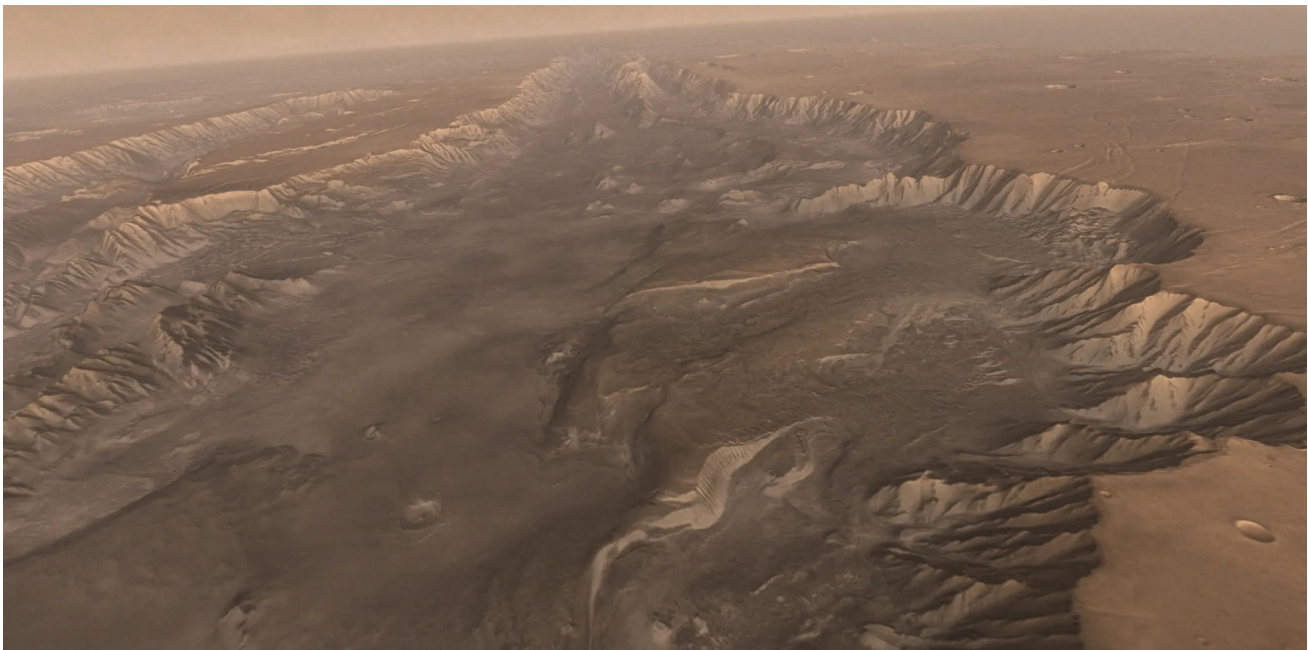


Figura 15 – Uma vista do maior cânion do sistema solar, capturada pela sonda Mars Odyssey da NASA. Este sistema de cânions em Marte chama-se Valles Marineris. Paredes íngremes quase tão altas quanto o Monte Everest dão lugar a vários cânions laterais, possivelmente esculpidos pela água. Em alguns lugares, as paredes causaram deslizamentos de terra enormes, que se espalharam para longe, no chão do cânion. Créditos: NASA/JPL-Caltech.

Mars Express (2003)

Desde o início das operações científicas em 2004, a **Mars Express** tem fornecido vistas de tirar o fôlego de Marte em três dimensões. Ela forneceu o mapa mais completo da composição química da atmosfera, estudou a lua mais interna de Marte, Fobos, em detalhes sem precedentes e traçou a história da água em todo o globo, demonstrando que Marte já abrigou condições ambientais que podem ter sido adequadas para a vida. Seu lançamento foi em 2 de junho de 2003 e a sonda chegou a Marte em Dezembro de 2003.

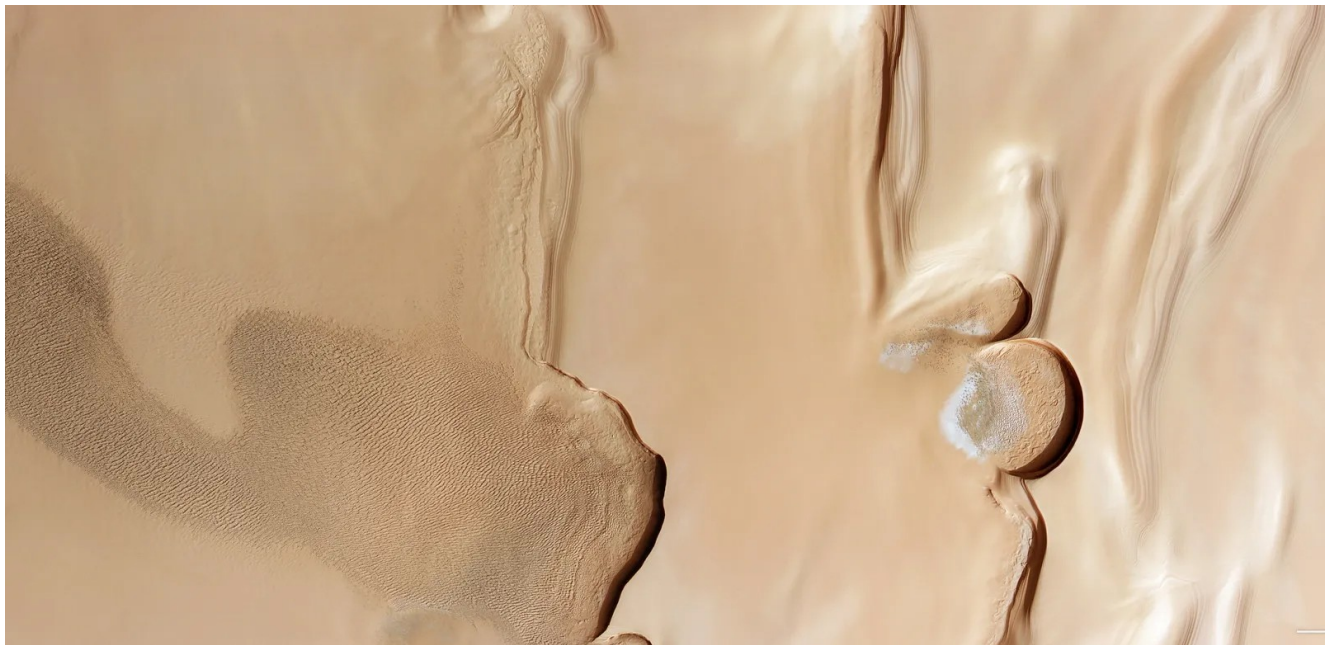


Figura 16 – Esta imagem da Mars Express da ESA mostra o terreno ao redor do polo norte de Marte. Ela mostra a região onde vastas dunas de areia encontram camadas e mais camadas de gelo empoeirado cobrindo o polo do planeta. Créditos da imagem: ESA/DLR/FU Berlim.

Mars Reconnaissance Orbiter (2005)

O **Mars Reconnaissance Orbiter** da NASA decolou de Cabo Canaveral em 2005, em busca de evidências de que a água persistiu na superfície de Marte por longos períodos de tempo. Em sua pesquisa no planeta vermelho, o Mars Reconnaissance Orbiter possuía uma das maiores câmeras já utilizada em uma missão planetária. Embora câmeras anteriores em outros orbitadores de Marte pudessem identificar objetos do tamanho de um ônibus escolar, esta câmera pôde detectar algo tão pequeno quanto uma mesa de jantar. Essa capacidade permitiu que o orbitador identificasse obstáculos como grandes rochas que poderiam comprometer a segurança de módulos de pouso e rovers. As imagens obtidas por essa missão, além de serem importantíssimas para a ciência, são de uma plasticidade única, mostrando a beleza na superfície de Marte. A seguir, apresentamos algumas dessas imagens.

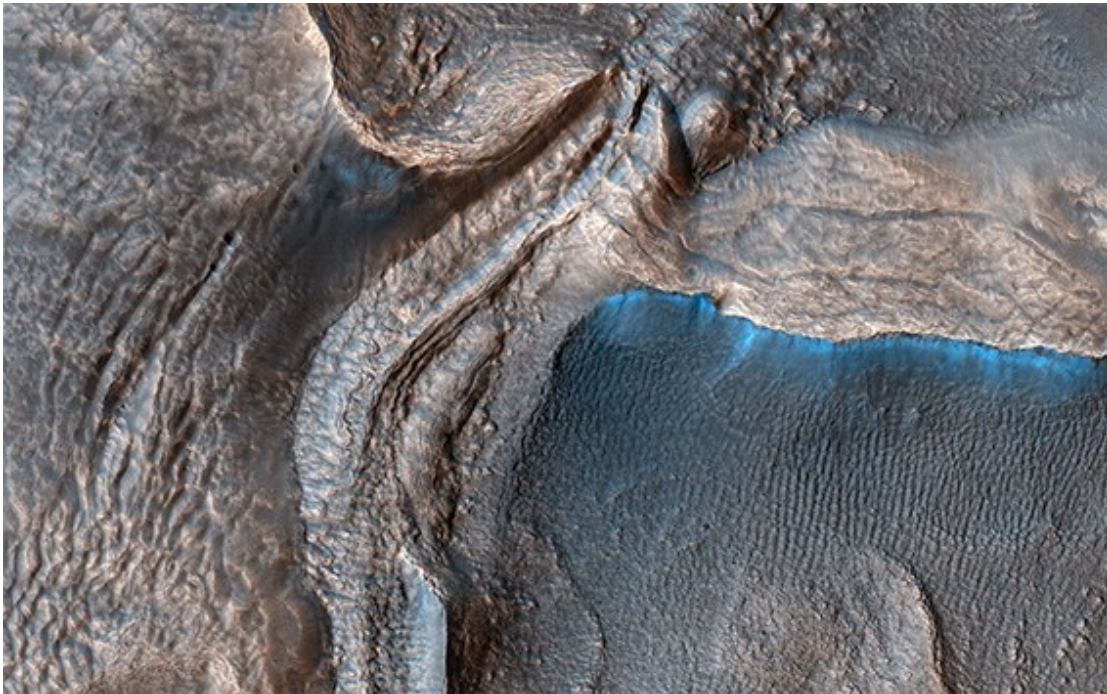


Figura 17 – Imagem obtida pelo instrumento High Resolution Imaging Experiment (HiRISE) do Mars Reconnaissance Orbiter mostrando Harmakhis Vallis, um canal de escoamento de aproximadamente 800 quilômetros de comprimento localizado no leste de Hellas. O vale provavelmente se formou por uma ação da água corrente. Créditos: NASA/JPL-Caltech/Universidade do Arizona.

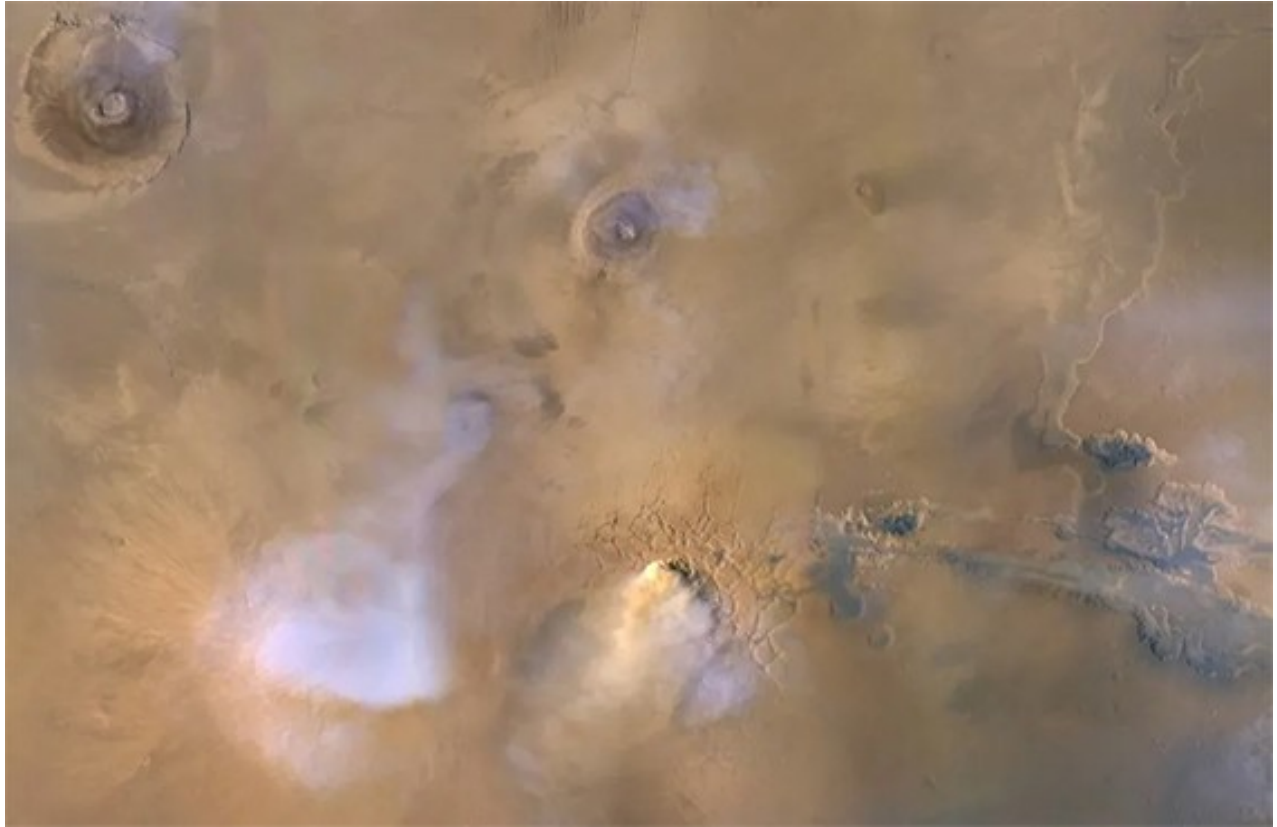


Figura 18 – A nuvem branco-amarelada no centro inferior desta imagem é uma "torre de poeira" em Marte — uma nuvem concentrada de poeira que pode ter cerca de 160 km de altura. As nuvens branco-azuladas (à esquerda) são nuvens de vapor de água. O monte Olympus, o vulcão mais alto do sistema solar, é visível no canto superior esquerdo, enquanto que Valles Marineris pode ser visto no canto inferior direito. A imagem feita em 30 de novembro de 2010, foi produzida pelo Mars Color Imager (MARCI) da MRO, que foi construído e é operado pela Malin Space Science Systems em San Diego. Crédito da imagem: NASA/JPL-Caltech/MSSS.

Programa Mars Exploration Rover (NASA) (2003)

Lançado em 2003, o **Mars Exploration Rover** foi um programa avançado, pois seria primeira vez que vários Rovers pousariam em diferentes localizações em Marte. Dotados de câmera panorâmica, o objetivo era coletar dados que indicassem se já houve vida em Marte. Também estava prevista a coleta de dados sobre o clima e a geologia do planeta, além de investigar a presença de água no passado de Marte com a finalidade de preparar para uma futura missão tripulada.

Em 2004 o rover **Spirit** pousou em uma cratera de impacto, Gusev, local escolhido pois possui uma aparência de um lago, e que um dia pode ter sido preenchida de água. Mesmo perdendo uma das suas seis rodas, isso não o impediu de obter imagens e medidas. O veículo percorreu um total de 7,73 km perdendo a mobilidade e foi desativado em março de 2010.

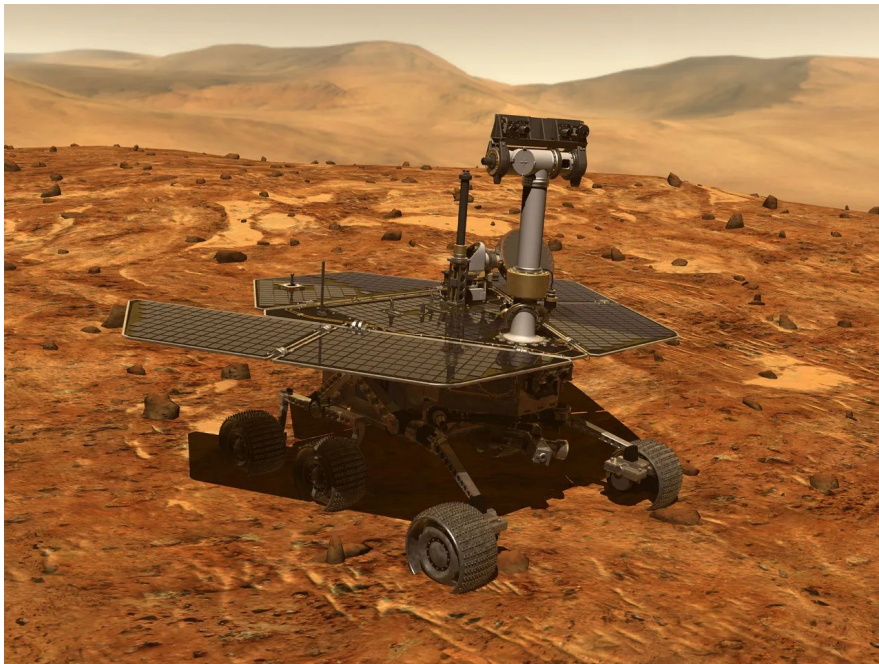


Figura 19 – Uma ilustração do rover Spirit da NASA em Marte. Crédito: NASA/JPL-Caltech.

O rover **Spirit** obteve diversos resultados. Listamos a seguir:

- 2004: Descobriu uma variedade surpreendente de rochas na região de Columbia Hills, mostrando uma história geológica complexa para a região. Algumas das rochas mostraram evidências de alteração pela água.
- 2005: Filmou redemoinhos de poeira em movimento, proporcionando a melhor visão dos efeitos do vento na superfície marciana enquanto eles aconteciam.
- 2006: Encontrou evidências de uma explosão antiga em um planalto baixo e brilhante chamado Home Plate. O Spirit fotografou grãos grossos e bulbosos sobrepondo material mais fino, o que se encaixa no padrão de acumulo de material caindo no chão após uma explosão vulcânica ou de impacto. Essas rochas, algumas das quais nunca tinham sido vistas antes em Marte, revelaram a história violenta da cratera.
- 2006: Revolveu o solo marciano em uma região chamada Tyrone que continha muito enxofre e traços de água. Esse material pode ser um depósito vulcânico formado ao redor de antigas aberturas de gás ou pode ter sido deixado para trás pela água que dissolveu esses minerais no subsolo e evaporou quando eles vieram à superfície.
- 2007: Desenterrou um pedaço de sílica quase pura, o principal ingrediente do vidro de janela, enquanto arrastava sua roda dianteira direita. O pedaço de sílica, forneceu evidências de que Marte antigamente era muito mais úmido do que é agora, porque o pedaço de sílica provavelmente foi produzido em um ambiente de fontes termais ou saídas de vapor.

Já o rover **Opportunity** pousou em 2004 na região chamada Meridiani Planum, chamada de "Sítio de Hematita" porque exibe evidências de hematita, um mineral rico em ferro que normalmente se forma na presença de água. Retornou imagens e dados de seus instrumentos científicos por mais de 14 anos e encontrou em esferas que foram chamadas de mirtilos – hematita (Figura 19), confirmando então a presença de água em larga quantidade no passado do planeta vermelho.

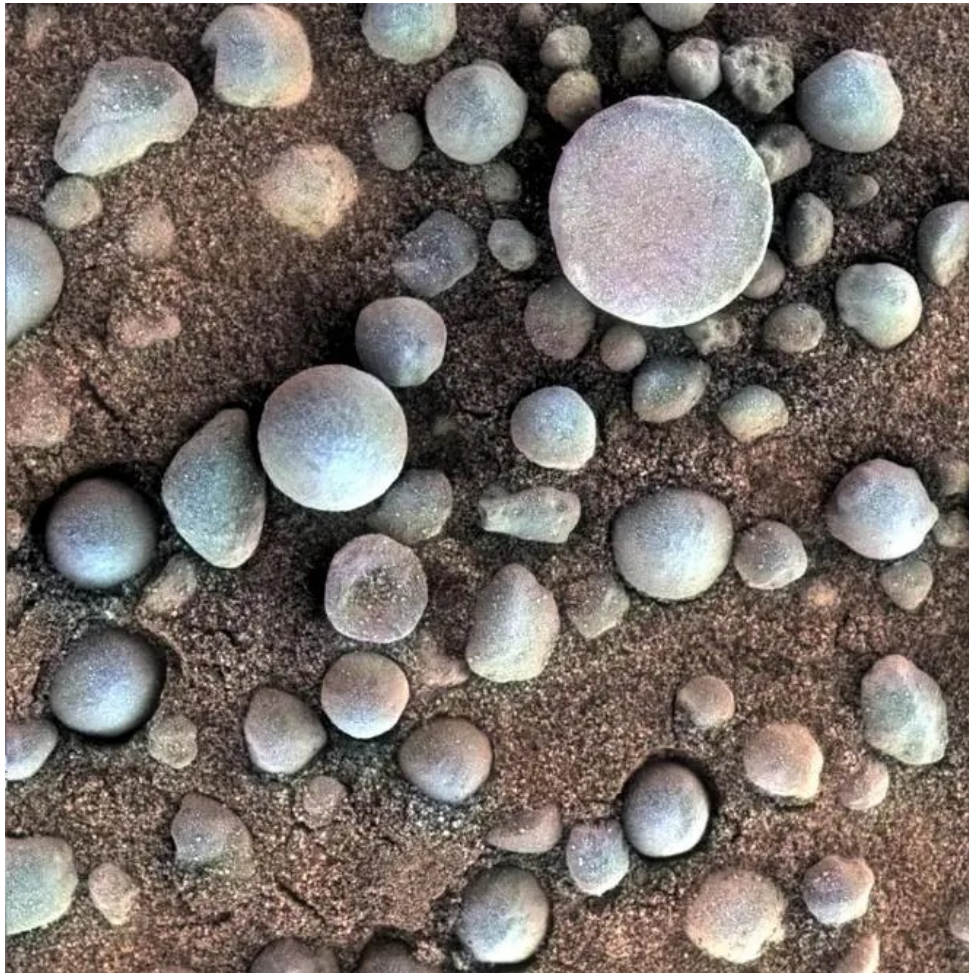


Figura 20 – ‘Mirtilos ’ marcianos. Créditos: NASA/JPL-Caltech/Cornell/USGS.

Opportunity visitou a cratera Victoria, com 800 metros de diâmetro — a mais larga e profunda do que qualquer outra já examinada por qualquer um dos rovers, enviou de fotos impressionantes de sua borda. Um outro alvo da Opportunity foi a enorme Cratera Endeavour, com cerca de 22 quilômetros de diâmetro. No caminho até lá, o rover encontrou a chamada rocha da Ilha Marquette, “diferente em composição e caráter de qualquer rocha conhecida em Marte ou meteorito de Marte”, de acordo com Steve Squyres, o principal investigador dos rovers. A rocha parecia ter se originado nas profundezas da crosta marciana e em algum lugar bem distante do local de pouso, diferente de quase todas as rochas estudadas anteriormente pela Opportunity. No final de 2012 e início de 2013, a Opportunity trabalhou em torno de uma formação geográfica chamada Matijevic Hill, com vista para a cratera Endeavour, analisando rochas e solo.

Projetado para durar apenas 90 dias marcianos e viajar 1.000 metros, o Opportunity superou amplamente todas as expectativas em sua resistência, valor científico e longevidade. Além de exceder sua expectativa de vida em 60 vezes, o rover viajou mais de 45 quilômetros até chegar ao seu local de descanso final mais apropriado em Marte — Perseverance Valley. A missão foi concluída em 13 de fevereiro de 2019.

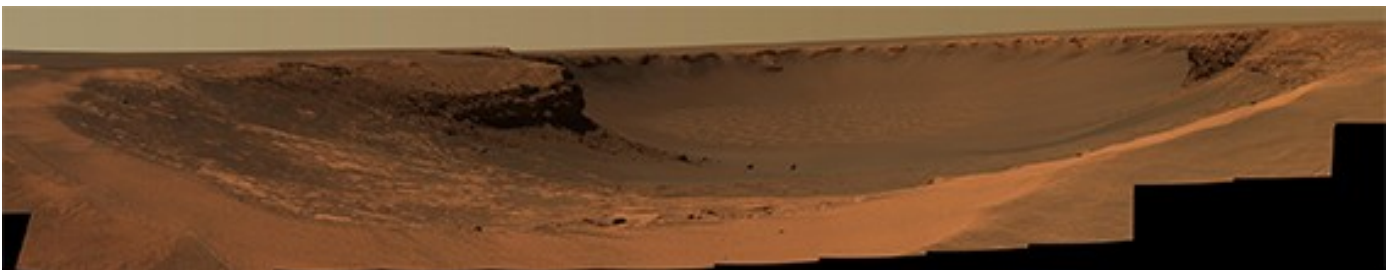


Figura 21 – Cratera Victória. Crédito: Mars Exploration Rover Mission, Cornell, JPL, NASA .

Missão Mars Science Laboratory (NASA) (2011)

Com seu rover **Curiosity**, o Lander Mars Science Laboratory lançado em 2011 estuda a habitabilidade do planeta, investiga o clima e a geologia marciana, analisando possíveis locais onde poderia haver vida microbiana. O rover ainda está ativo e já fez várias descobertas, embora tenha sido programado para finalizar em 2012. Na cratera Gale, a Curiosity encontrou evidências de que esse lugar já abrigou um sistema de rios e lagos no passado, além de detectar metano, capturar lindas imagens das nuvens marcianas e ter feito a maior foto panorâmica de Marte.



Figura 22 – Monte Siccar observado pelo Curiosity. Crédito da Imagem: NASA/JPL-Caltech/MSSS; Processamento: Kevin M. Gill.

Missão Phobos-Grunt/Yinghuo-1 (CNSA e Roscosmos) (2011)

Quatorze anos depois do fracasso da Mars 96, a missão Phobos-Grunt/Yinghuo-1 foi uma parceria da agência espacial russa com a chinesa CNSA. A missão era composta de uma sonda orbitadora chinesa chamada **Yinghuo-1** e do módulo de pouso russo **Phobos-Grunt**. Foi lançada em 2011, mas por falha não esclarecida, a missão perdeu a comunicação e seus fragmentos caíram no Oceano Pacífico no início de 2012.

A **Yinghuo-1** estudaria por dois anos a atmosfera, o campo magnético, obteria dados da topografia marciana e das tempestades de areia. Já a **Phobos-Grunt** pousaria no solo de Marte e coletaria amostras da superfície da lua Fobos a fim de estudar a origem e evolução das duas luas e o impacto de asteroides na evolução planetária.



Figura 23 – Nave espacial Phobos-Grunt acoplada ao adaptador de carga útil antes do encapsulamento. Observe os painéis solares dobrados, o tubo de transferência de amostra dourado que leva à cápsula de retorno, pernas de pouso, antenas e tanques de propulsão. Crédito: Roscosmos.

Missão Mangalyaan 1 (ISRO) (2013)

A **Mangalyaan 1** é a primeira missão interplanetária indiana a Marte. Ela foi projetada para orbitar Marte em uma órbita elíptica. Foi configurada para observar as características físicas marcianas e estudar sua atmosfera, além de aprimorar a navegação e a comunicação interplanetária e a exploração da morfologia, mineralogia e atmosfera marciana. Apesar de sua durabilidade ter sido estimada em apenas seis meses, a missão, que chegou em setembro de 2014 e funcionou até 2022.

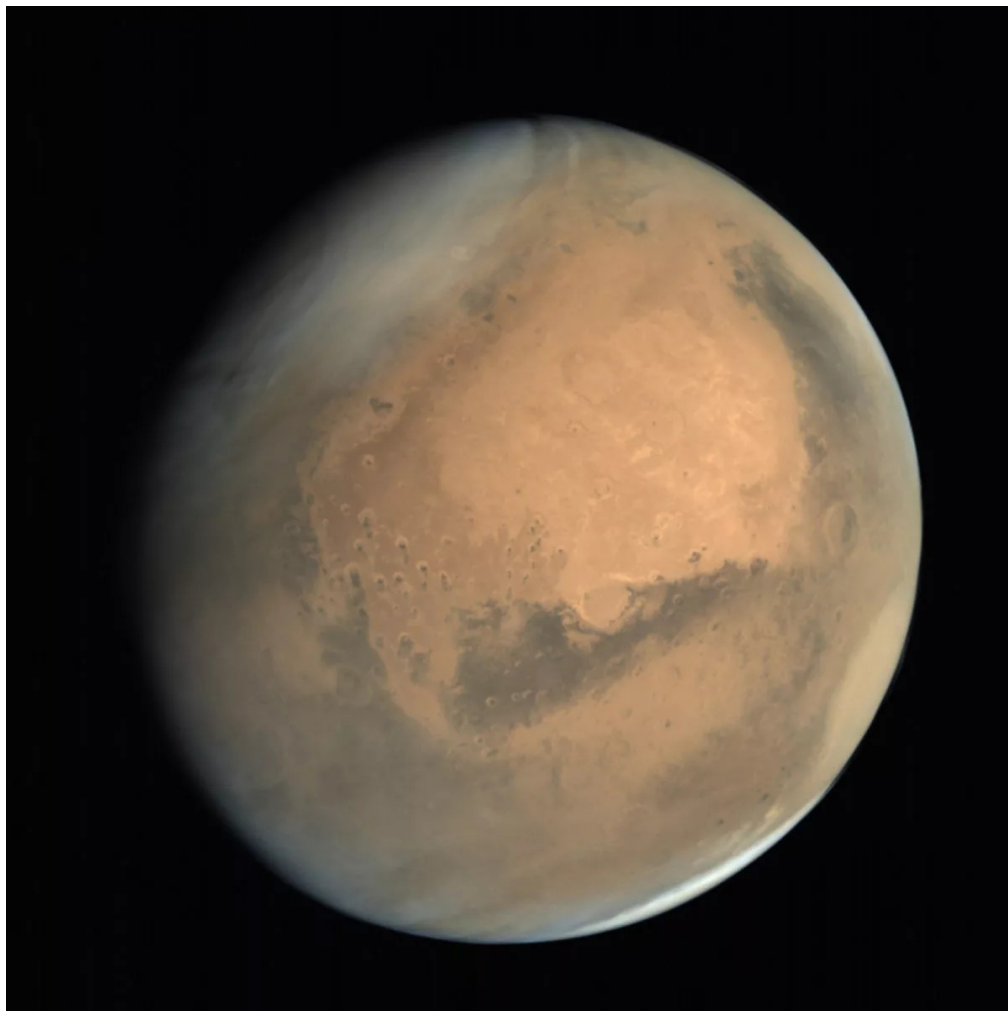


Figura 24 – Mars Orbiter Mission (Mangalyaan 1) capturou esta visão global de Marte logo após chegar em órbita, em 28 de setembro de 2014, de uma altitude de 74582 quilômetros. Créditos: ISRO / ISSDC / Emily Lakdawalla.

Missão ExoMars TGO (ESA e Roscosmos) (2016)

A ExoMars TGO é a primeira missão do programa Exomars, nascendo de uma parceria das agências Roscosmos e ESA. Lançada em março de 2016, a sonda espacial **TGO** tem como objetivo a busca por pequenas concentrações de metano e outros tipos de gases na atmosfera que poderiam evidenciar a possibilidade de atividade biológica. A sonda foi enviada junto com o módulo de pouso Schiaparelli, que tinha como objetivo demonstrar a capacidade de controle de pouso na superfície de Marte da ESA. Porém, um erro de cálculo fez com que ele liberasse seu paraquedas antes da hora e atingisse o solo com uma velocidade maior que a esperada. A sonda continua ativa e auxilia na programação das próximas missões.

Missão InSight (NASA) (2018)

A missão **InSight** foi a primeira missão a estudar as camadas internas de Marte, se tornou uma das missões mais importantes da NASA. Enviada em 2018, o módulo de pouso estudou como planetas rochosos se formam, determinou o tamanho, composição e temperatura do núcleo, da crosta e do manto, além de reunir dados das placas tectônicas marcianas e o quanto os meteoritos impactam essa atividade. Terminou suas atividades em dezembro de 2022.

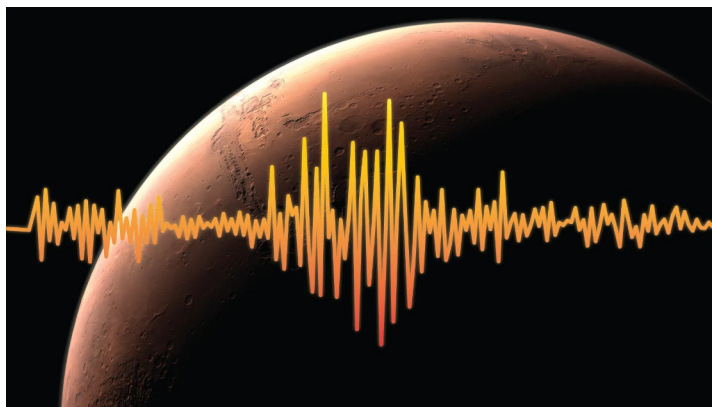


Figura 25 – Uma representação artística de Marte, destacando um dos objetivos do InSight: descobrir o quão tectonicamente ativo Marte é hoje e com que frequência meteoritos o atingem.
Crédito da imagem: NASA/JPL-Caltech.

Missão Hope (UAE) (2020)

A sonda **Hope** é a primeira missão dos Emirados Árabes (Emirates Mars Mission / EMIRS) com destino ao planeta vermelho. Enviada em 2020, a missão fornece um panorama da atmosfera de Marte, entendendo o motivo dela ser fina e fraca, além de coletar dados a fim de entender a dinâmica climática. A sonda permanece ativa até hoje.

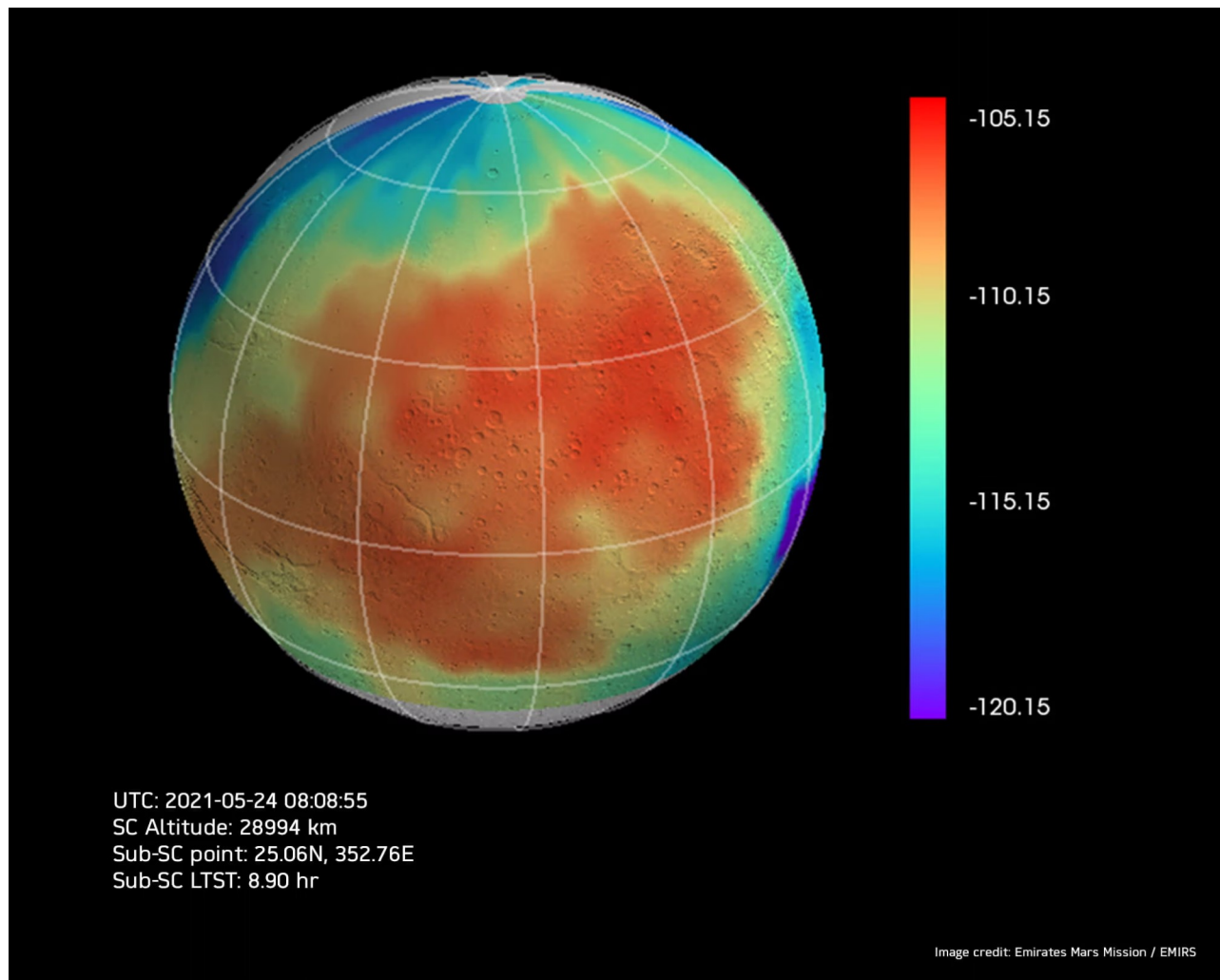


Figura 26 – Mapa de temperatura (em graus Celsius) obtido pela Hope. Crédito da imagem: Emirates Mars Mission / EMIRS.

Missão Tianwen-1 (CNSA) (2020)

A sonda Tianwen-1 – que inclui um orbitador, um módulo de aterragem e um rover chamado Zhurong – entrou na órbita de Marte no dia 10 de fevereiro de 2021, após uma viagem de quase sete meses desde a Terra. Enviada em 2020, é a primeira missão chinesa a chegar a Marte. A China é a segunda nação a conseguir pousar um rover em Marte, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Este veículo espacial explora a superfície em busca de evidências de água na superfície, que pode conter vida, e estuda o clima, a morfologia e a estrutura geológica e a distribuição do gelo na superfície. A missão permanece em operação.

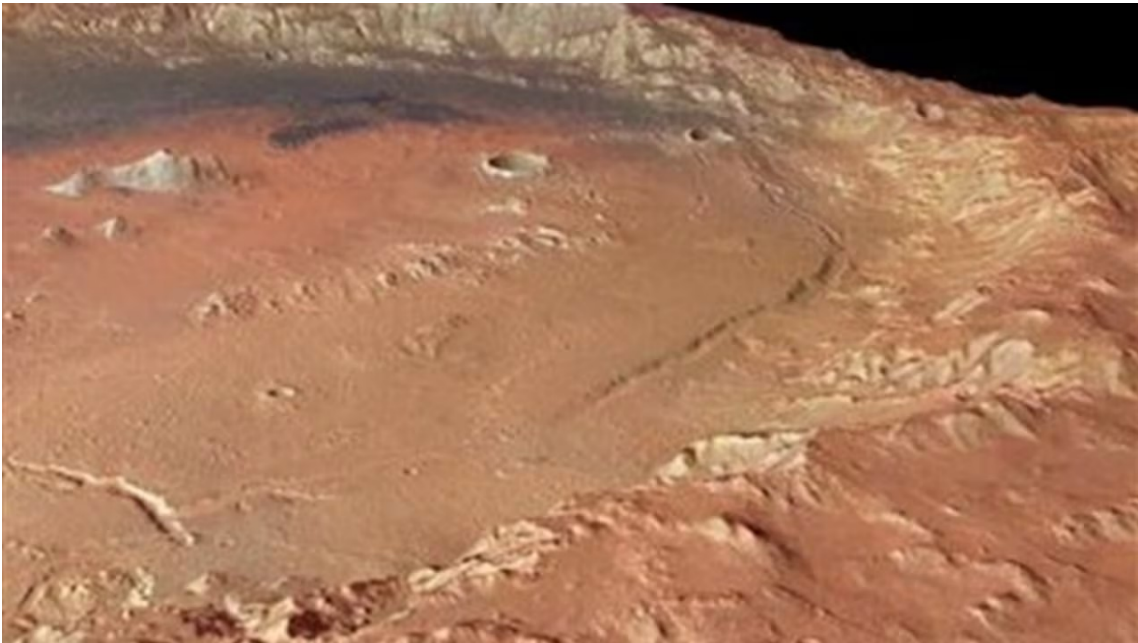


Figura 27 – Imagem de Marte feita pela sonda chinesa Tianwen-1. Crédito da imagem: CNSA.

Missão Mars (NASA) (2020)

Lançada em 2020, a missão possui o rover **Perseverance**, que busca desde 2021 sinais de vida microbiótica antiga, que avançarão os estudos da NASA sobre a possível habitabilidade de Marte no passado. Ele também auxiliará o caminho para a futura exploração humana de Marte. O rover possui o drone **Ingenuity**, que foi utilizado para testar o primeiro voo motorizado no planeta, com sucesso. No momento o rover está em atividade e seus maiores objetivos são a busca por habitabilidade e bioassinaturas, coleta de amostras do solo marciano e testar a produção de oxigênio em Marte.



Figura 28 – O rover Perseverance Mars da NASA tirou esta selfie, composta de 62 imagens individuais. Uma rocha apelidada de “Cheyava Falls”, que tem características que podem levantar a questão de se o Planeta Vermelho foi há muito tempo o lar de vida microscópica, está à esquerda do rover, perto do centro da imagem. Créditos: NASA/JPL-Caltech/MSSS.

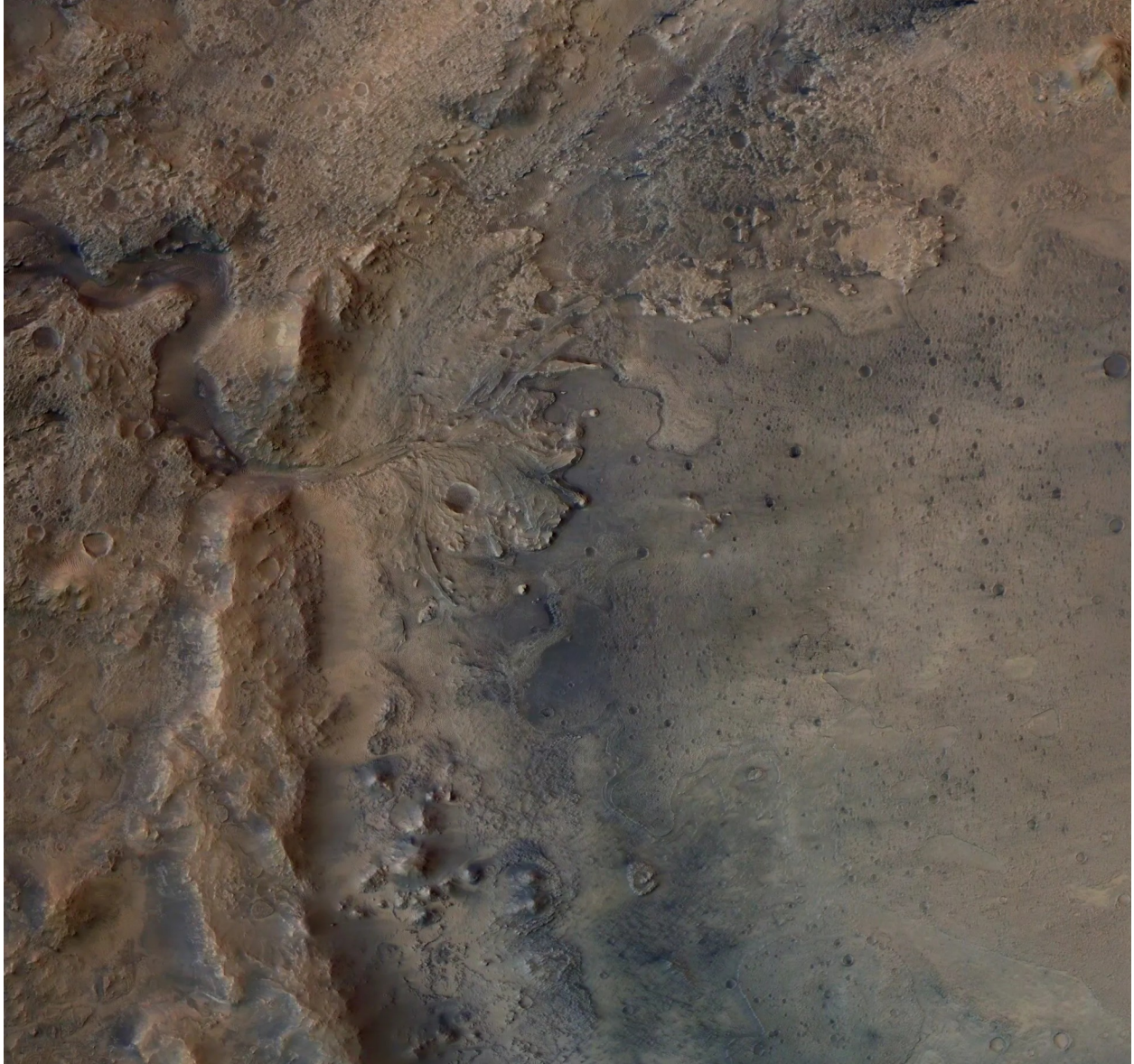


Figura 29 – Esta imagem mostra os restos de um antigo delta na Cratera Jezero, em Marte, que o rover Perseverance da NASA explorará em busca de sinais de vida microbiana fossilizada. Crédito da imagem: ESA/DLR/FU-Berlim.

Missão Martian Moon eXploration - MMX (JAXA)

A missão Martian Moons eXploration tem foco nas luas marcianas. A espaçonave fará sensoriamento remoto de perto e observações in situ de ambas as luas, e coletará uma amostra de uma das luas para trazer de volta à Terra. Ela também vai estudar a origem e as atmosferas das luas marcianas, recolher informações das condições meteorológicas e esclarecer sobre formação e a evolução geológica de Marte e das luas. O lançamento está previsto para a década de 2020.

Missão Mars Sample Return (NASA e ESA)

Essa missão está sendo desenvolvida em parceria entre NASA e ESA com o objetivo de trazer à Terra amostras da superfície de Marte. Essa coleta poderá ajudar a responder se um dia já existiu vida no planeta vermelho. O rover Perseverance tem o trabalho de coletar e armazenar essas amostras até o pouso do **Sample Return**. As amostras retornadas revolucionariam nossa compreensão de Marte, nosso sistema solar e preparariam os exploradores humanos para o Planeta Vermelho.

ExoMars (ESA e Roscosmos)

O programa Exobiologia em Marte (programa **ExoMars**) da ESA (Agência Espacial Europeia) e Roscosmos é composto por duas missões: a primeira, a **Trace Gas Orbiter**, foi lançada em 2016, enquanto a segunda, que transporta o rover **Rosalind Franklin**, tem lançamento previsto para 2028. Juntas, elas abordarão a questão de se alguma vez existiu vida em Marte. O rover **Rosalind Franklin** da ESA tem potencial científico único para procurar evidências de vida passada em Marte, graças à sua broca e instrumentos científicos. Será o primeiro rover a atingir uma profundidade de até aproximadamente dois

metros abaixo da superfície, adquirindo amostras que foram protegidas da radiação da superfície e temperaturas extremas. A broca vai recuperar solos de partes antigas de Marte e os analisaria no local com seu laboratório de bordo. A missão está temporariamente suspensa por causa da guerra com a Ucrânia.

Mangalyaan 2

A sucessora da missão MOM, a Mars Orbiter Mission-2 (MOM-2), ou **Mangalyaan-2**, está programada para incluir um rover e um helicóptero, como a dupla robótica da NASA já em Marte — o rover Perseverance e o agora aterrado Ingenuity. Uma faceta intrigante do MOM 2 é o **Martian Boundary Layer Explorer (MARBLE)**, um drone sofisticado projetado para navegar até 100 m acima da superfície de Marte. O MARBLE utilizará instrumentos avançados para observar o perfil vertical da atmosfera marciana, coletando dados cruciais sobre temperatura, pressão atmosférica, composição, a fim de entender as variações de temperatura e pressão atmosférica em diferentes altitudes. Seu lançamento está previsto para 2024.

Todo interesse na conquista espacial é motivado por questões de origem filosóficas, tais como: de onde viemos, para onde vamos? Para responder a essas questões é necessário conhecer nosso sistema solar mais profundamente, saber como ele e os planetas se formaram. Além disso, entre os planetas potencialmente habitáveis, Marte se destaca devido à possibilidade de ter tido água líquida e vida microbiana no passado, além de todos os fatores, como sua proximidade e o tipo de formação idêntica aos outros planetas rochosos. Os dados reunidos pelas missões listadas nos mostram muitas semelhanças entre Marte e o nosso planeta, e isso pode auxiliar para realizar novas descobertas extraordinárias.

Com isso, as missões futuras esperam coletar em Marte mais dados sobre a composição química, a existência de água nas camadas inferiores, buscar amostras orgânicas, além de registrar as condições meteorológicas e atmosféricas. Essas questões nos levam a um próximo passo: a colonização do planeta. As informações reunidas também mostram como a Terra pode evoluir geologicamente ao longo dos milhões de anos, causando alterações prejudiciais para nós, e se não cuidarmos do nosso planeta, essas alterações ocorrerão de maneira mais rápida. A questão é: como colonizaremos um lugar que, mesmo parecido com o nosso planeta, possui características que ameaçam a vida humana, como a atmosfera de CO₂?

E assim, fica o questionamento para todos nós: será mesmo que deveríamos planejar sair do nosso planeta azul e colonizar o planeta vermelho ou devemos tentar cuidar do nosso lar e deixar Marte como um plano B distante?

BARLOW, N. G. Mars: An Introduction To Its Interior, Surface And Atmosphere. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

CNSA. Disponível em: <http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465652/n6465653/index.html>. Acesso em 11 jul. 2023.

ESA SCIENCE. Robotic exploration of mars. In: EXOMARS TRACE GAS ORBITER AND SCHIAPARELLI MISSION, 2016. Disponível em: <https://exploration.esa.int/web/mars/-/46124-mission-overview>. Acesso em 11 jul. 2023.

FAPESP. Perdido em Marte. In: Pesquisa FAPESP. Ed. 249, 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/perdido-em-marte/>. Acesso em 11 jul. 2023.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e Astrofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/>. Acesso em 23 mar. 2023.

JAXA. Disponível em: <https://www.mmx.jaxa.jp/en/>. Acesso em 11 jul. 2023.

MANFRINI, L. O que são sondas espaciais? In: AEROJR. UFMG, 2016. Disponível em: <https://aerojr.com/blog/o-que-sao-sondas-espaciais/>. Acesso em 11 jul. 2023.

NASA. Disponível em: <https://nasa.gov/>. Acesso em 11 jun. 2023.

UAE SPACE AGENCY. Disponível em: <https://www.emiratesmarsmission.ae/>. Acesso em 11 jul. 2023.

Como um complemento a esse guia, a seguir daremos instruções de como montar um mapa tátil da superfície de Marte, onde podemos marcar as missões que visitaram o planeta. A seguir um mapa real de Marte com a localização de algumas das missões aqui apresentadas. No Apêndice 1 há uma reprodução do mapa topográfico da superfície de Marte que iremos utilizar como base para nosso trabalho.

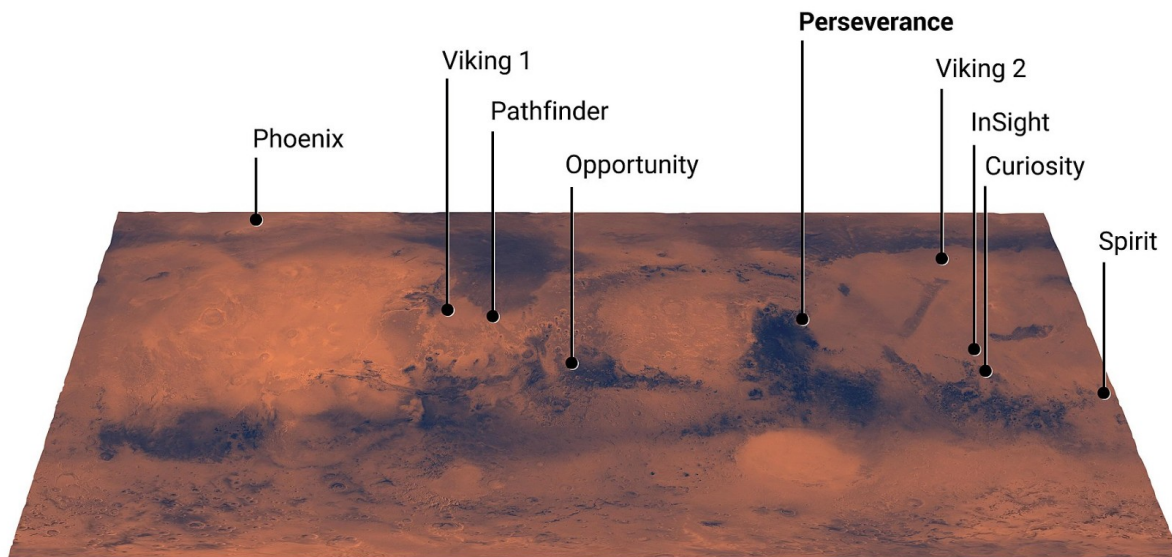


Figura 30 – Mapa da superfície de Marte com a marcação da localização de algumas das missões apresentadas nesse texto. Crédito da imagem: NASA.

Material para a confecção da Superfície de Marte em Relevo

- Placa forrada A3 (*)
- Papel vegetal
- Impressão do mapa de Marte (Apêndice 1)
- Alfinetes (dois tipos diferentes)
- Tesoura
- Estilete
- Folhas de EVA de 6mm (1 preta, 1 azul e 1 amarela) e de 3mm (2 folhas verdes, 2 amarelas, 2 vermelhas, 1 marrom e 1 cinza)
- Cola de silicone

(*) O tamanho do mapa vai depender do tamanho das placas de EVA. Nesse trabalho usamos o tamanho A3 e uma placa de isopor **Foam** onde o mapa final é colado.

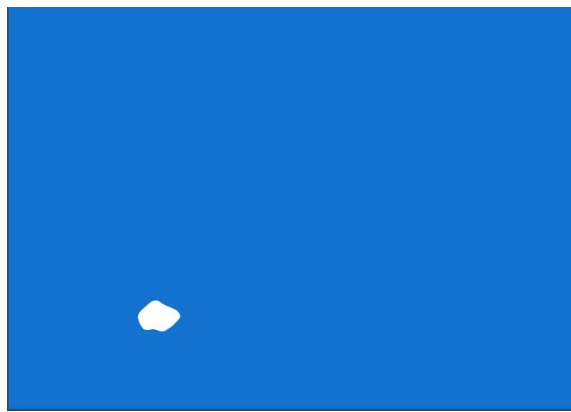
Como fazer:

A primeira etapa consiste em fazer os “moldes” dos relevos de acordo com as cores. No Apêndice 2 há os moldes com cores diferentes. Cubra cada molde com o papel vegetal e trace a delimitação de cada área. Após fazer o molde de todas as áreas, pegue as folhas de EVA e recorte-as de acordo com o formato dos moldes para cada cor diferente. Os moldes devem ficar parecidos com as imagens a seguir.



Os moldes são ligeiramente diferentes (Apêndice 2) para, quando colados, terem essa diferença em altura. Assim, corte todos com cuidado. A placa preta é a base. Sobre ela serão coladas todas as outras cores.

A segunda etapa consiste em construir a base e fazer a colagem dos relevos. Para fazer a “base” do mapa é preciso cortar o EVA preto e azul de acordo com a largura e altura do mapa. É preciso fazer a cratera mais profunda antes de colar as duas folhas, portanto, corte a folha azul de acordo com o molde da cratera, conforme a imagem a seguir (molde 1).



Após cortar e certificar-se que todas as folhas correspondem aos moldes, está na hora de colar. São 13 moldes diferentes e eles serão colados uns sobre os outros. Inicie colando o molde 1 (Azul) sobre a placa de EVA preta. A seguir serão os moldes 2, 3 e 4 (Verdes), seguidos pelos moldes 5, 6, e 7 (Amarelos) e assim sucessivamente. Importante é seguir a ordem da numeração dos moldes. Use o mapa (Apêndice 1) como guia. Tome bastante cuidado nessa etapa com a quantidade de cola, vá colando aos poucos e colocando pressão nas folhas para que elas fiquem bem aderidas umas às outras. Cole as camadas de pouco a pouco, espere-as secar por um/dois dias, e cole o resto.





Após a colagem de todas as camadas, deve-se colar todo o relevo na placa forrada A3, de forma centralizada. O relevo deve ficar semelhante a imagem abaixo:



Finalmente, a última etapa consiste em colocar os alfinetes. Nas localizações das missões. Siga o mapa apresentado na Figura 31, a seguir.

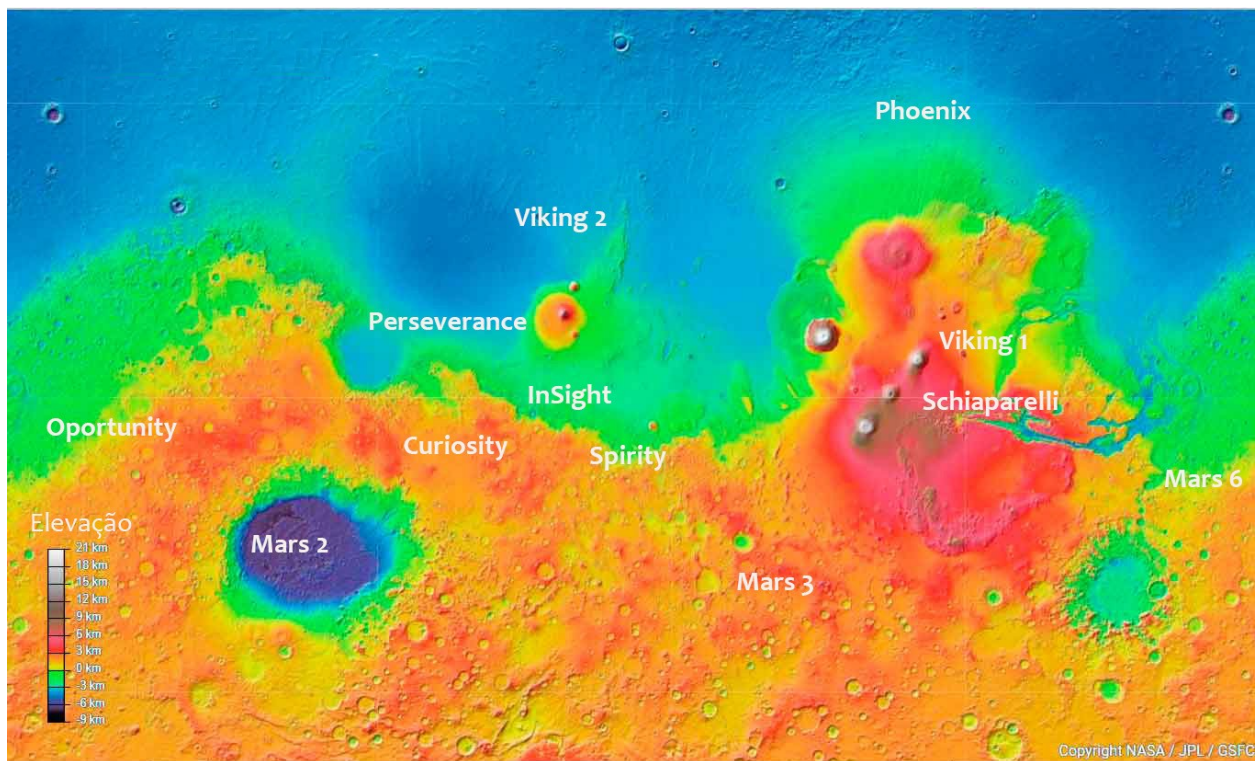
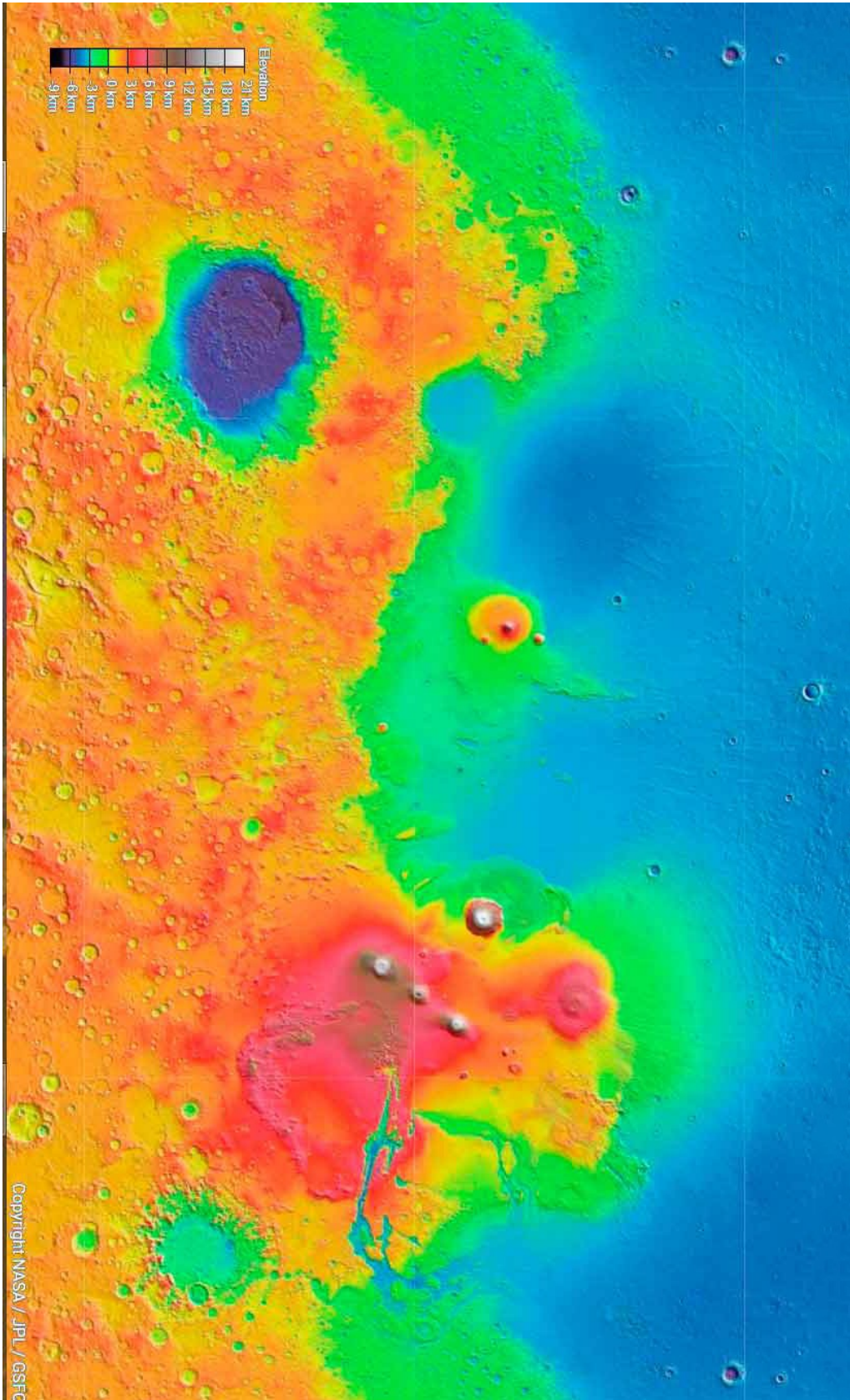


Figura 31 – Mapa da topografia global de Marte, com as marcações aproximadas da posição dos rovers e landers marcianos. A coloração do mapa base indica elevações relativas da superfície marciana, conforme a legenda. Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_3

APÊNDICE 1



APÊNDICE 2

Os moldes, a seguir, foram elaborados pela discente de arquitetura, da UFRJ, Ingrid Nogueira Pedreira.



molde 1



molde2



molde 3



molde 4



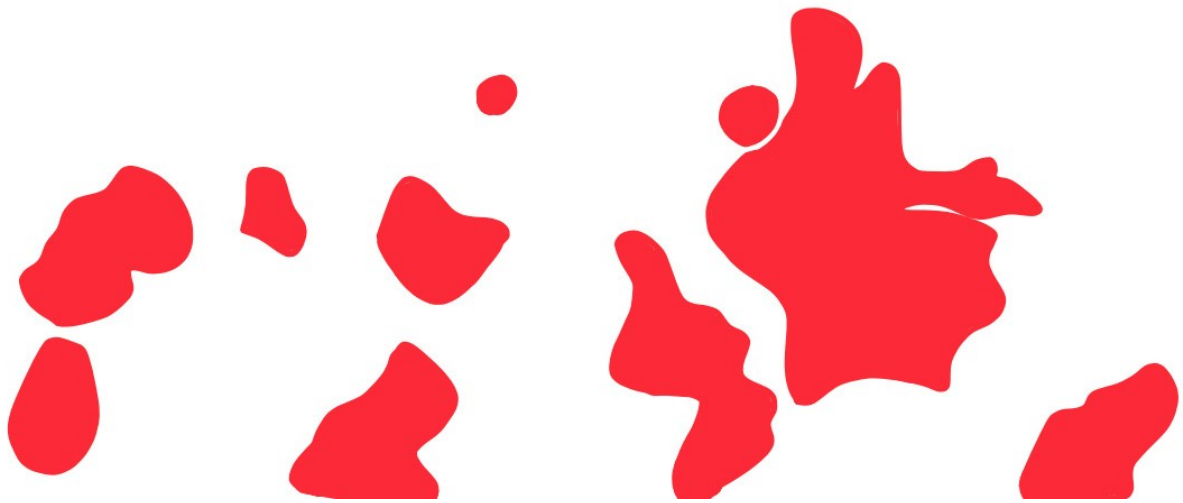
molde 5



molde 6



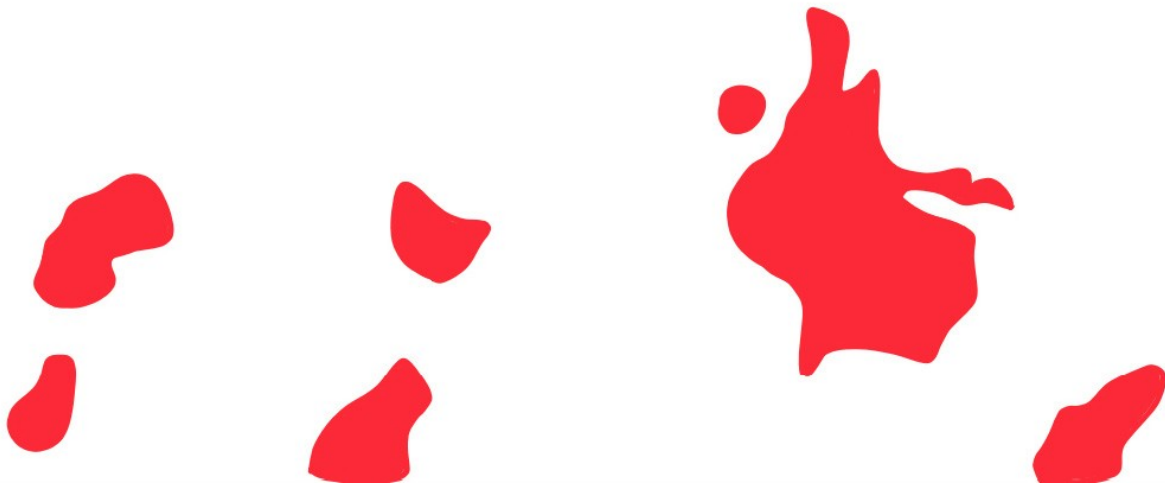
molde 7



molde 8



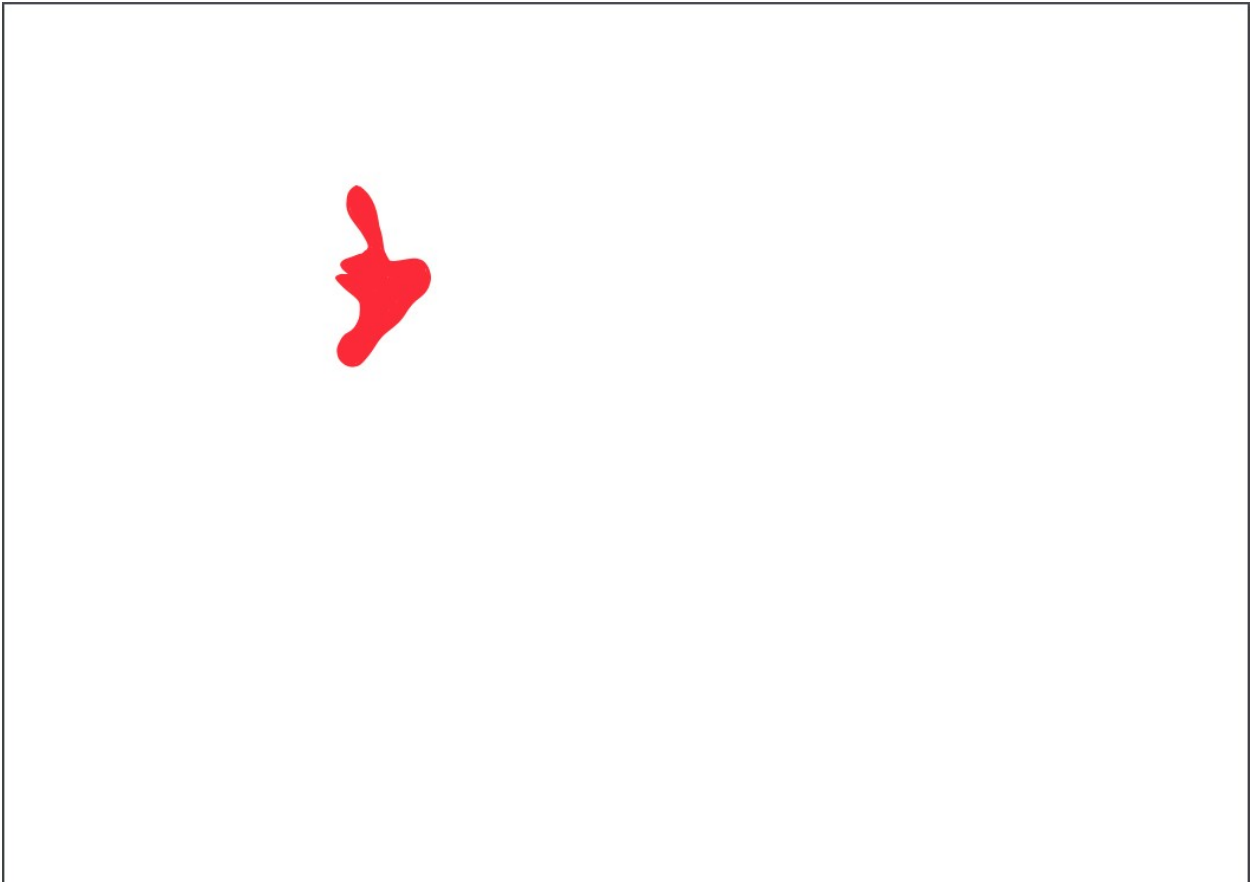
molde 9



molde 10



molde 11



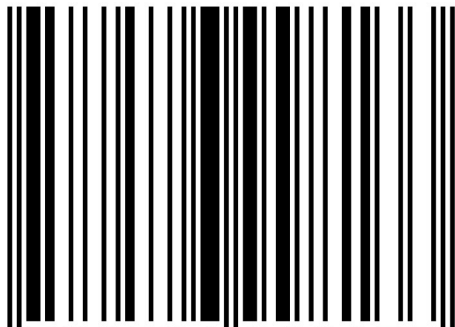
molde 12



molde 13

ISBN: 978-85-86998-13-3

BR



9 788586 998133



Observatório
do Valongo



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO

IIBC
INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT



Universo
Acessível

