

# Noções básicas de vôo espacial (*Basics of Space Flight*)

Cap. 15(em parte), e cap. 16

David Doody

[solarsystem.nasa.gov/basics](http://solarsystem.nasa.gov/basics)

CAP382 Tópicos em Tecnologias Espaciais

E. F. M.

23 de novembro de 2010

# Capítulo 15 - Cruzeiro

Monitoramento de espaçonaves e eventos terrestres

Rastreando a espaçonave em vôo

Preparação para o encontro

# Lista de Sequência de Eventos - SOE

Usado pelo time de controle da missão

O que fazer quando o *downlink* da espaçonave muda, desaparece, ou ocorrem problemas

Direciona a atividade da estação DSN

Operações de transmissão, *uplink* de comandos

Outras operações em tempo real

Diz quando a espaçonave estará atrás de um planeta

Início e fim de períodos de rastreamento

# SOE e produtos relacionados

Lista sequencial de comandos e eventos

Ordenados por tempo

Semanal, mensal, ou mais períodos

Preparado por equipe de

- Engenheiros: subsistemas

- Cientistas: instrumentos

- Outros

Inclui tempos dos comandos de cada evento

# Arquivo de Eventos da Espaçonave - SEF

Usado durante o *uplink* do SOE

A mesma equipe a prepara

Usado também no gerador de eventos SEGS

Ajustes considerando a velocidade da luz (*light time*)

Usado na programação da estação DSN

O time de navegação também prepara:

Arquivos de períodos de visualização

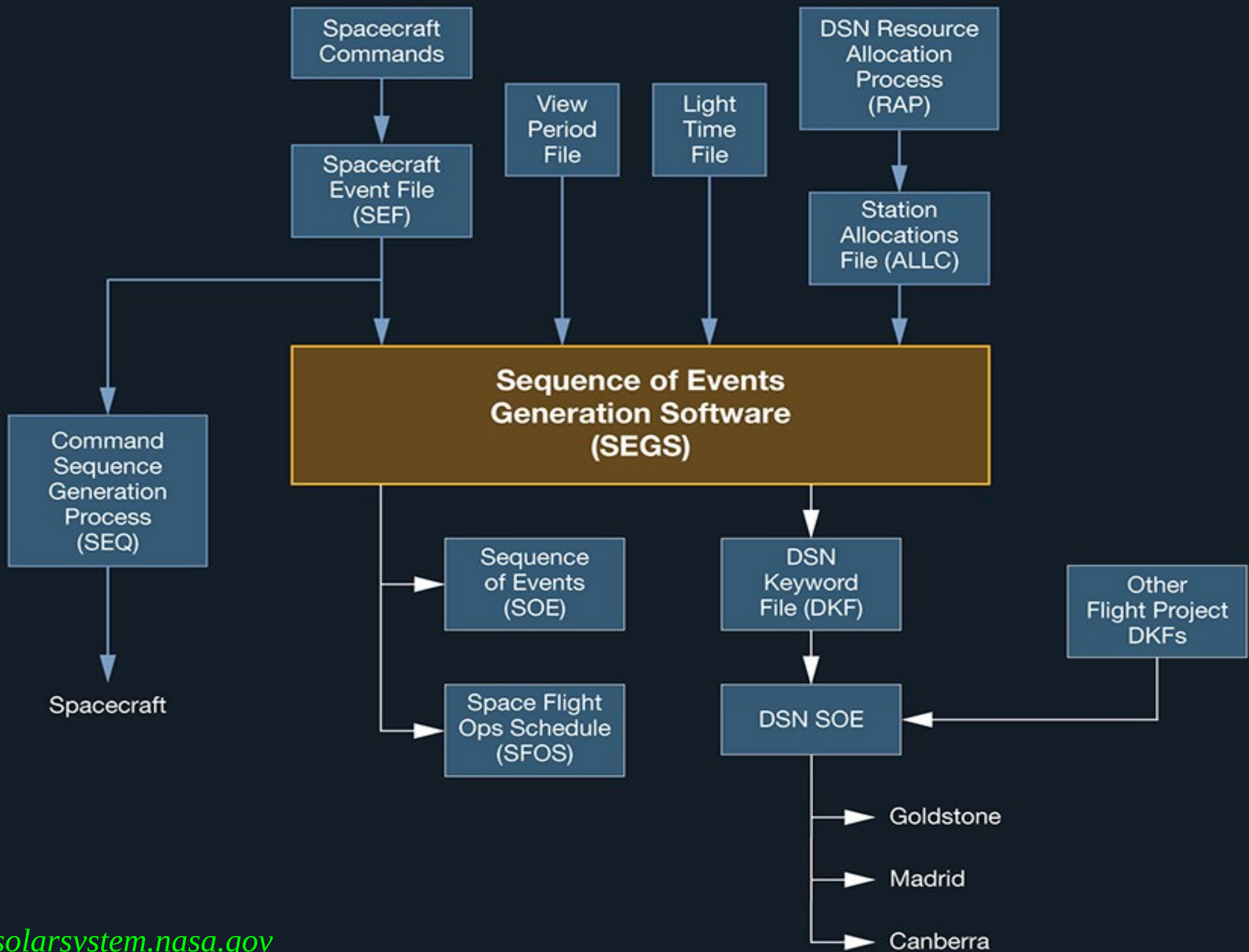
Arquivos considerando a velocidade da luz

# Sistema Gerador de Sequência de Eventos - SEGS

Usado para gerar o arquivo de palavras-chave DKF usado pela estação DSN, que combina com listagens de outros projetos para criar o SOE

O SEGS também gera o cronograma de operações de voos espaciais SFOS

Usuários visualizam as informações usando o SEGS



# Rastreamento da espaçonave em voo

Inicia perto do lançamento a atividade DSN de rastreamento

É negociado meses/anos antes do lançamento

Usa requisitos e cronogramas de rastreamento DSN



# Período de atividades *Precal*

3 DSNs fazem parte do DSCC (Complexo de Comunicações do Espaço Profundo)

No DSN fica o SPC (Centro de Processamento de Sinal)

No SPC fica o operador da NMC (Rede de Controle e Monitoramento)

# Período de atividades *Precal*

## O operador NMC

Controla a antena atribuída, chamada Estação de Espaço Profundo (DSS)

Os computadores controlam, dentre outros:

- Apontamento

- Rastreamento

- Comandos

- Recepções

- Processamento de telemetria

- Comunicações terrestres

# Conexão

Existe um link bidirecional entre espaçonave e projeto no JPL

O Gerenciador do Complexo atribui os equipamentos que fazem parte da conexão

Existe um operador atribuído ao controle da conexão

# Rastreo

**BOT - Início do rastreo de uma antena DSS:**

Estabelecimento do link e Aquisição de Sinal (AOS)

Controle da perda de sinal (LOS)

A antena DSS acompanha a rotação da Terra

**EOT - Fim do rastreo:**

DSS está apontando para baixo no horizonte oeste

Existe 2 segundos entre o desligamento de uma DSS e o início da outra DSS

# Preparação para o encontro

Existe pouca atividade em períodos tranquilos

Em aproximações: períodos de grande atividade

Antes dos encontros com objetos

- Simulações na espaçonave

- Simulações em solo

- Calibração de instrumentos

# Capítulo 16 - Encontro

Operações de Passagem

Operações de Inserção  
de Órbita Planetária

Exploração de Sistema e  
Mapeamento Planetário

Ocultações

Ocultações Planetárias  
Extrassolares

Levantamento de  
Campo Gravitacional

Entrada Atmosférica e  
Aerofrenagem

Descida e Pouso

Rastreamento de Balão

Amostragem

# Operações de sobrevoo (*flyby*)

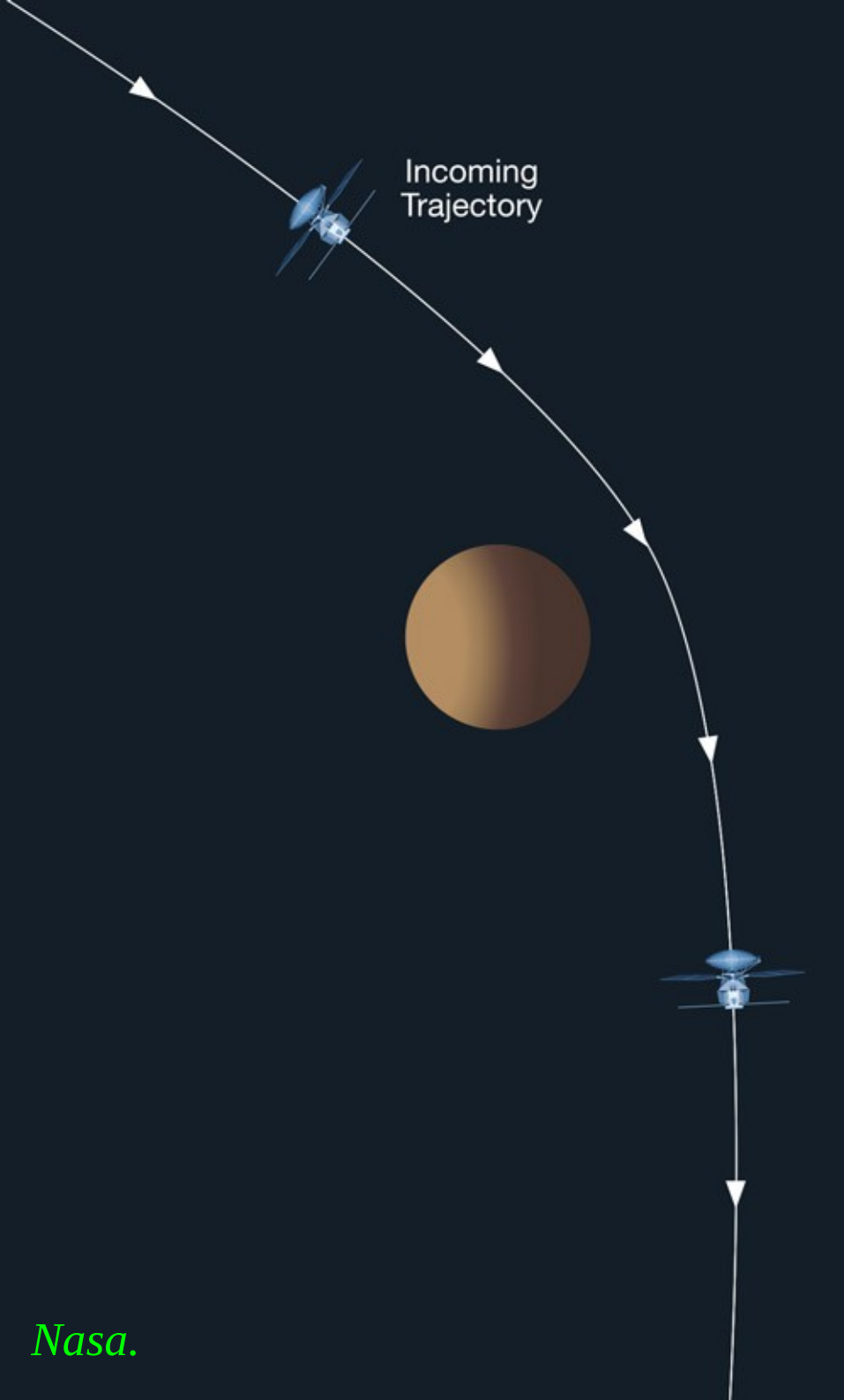
## Fases do sobrevoo

Observação (OB)

Encontro distante (FE)

Encontro próximo (NE)

Pós-encontro (PE)



# Operações de sobrevoo (*flyby*)

Planejamento feito com anos de antecedência

Durante o sobrevoo somente existe uma chance de obter a informação, não tem como dar ré para pegar o que faltou

Durante órbitas os encontros se repetem



# Fase de Observação - OB

Inicia alguns meses antes do sobrevoo

Marca o fim da fase de cruzeiro onde acontecem preparativos para o encontro

Observação do alvo usando instrumentos óticos

A espaçonave fica completamente envolvida em fazer observações de seu alvo

# Fase de Encontro Distante (FE)

Inicia quando o disco inteiro do planeta não cabe mais dentro do campo de visão dos instrumentos

Observações passam a ser em partes

Usa imagens de alta resolução

# Fase de Encontro Próximo (NE)

Está passando pelo objeto

Maioria dos experimentos e rádio estão ativos

Maior resolução possível

Observações da magnetosfera

Observações do planeta

## Fase de Pós-encontro (PE)

Está se afastando do planeta

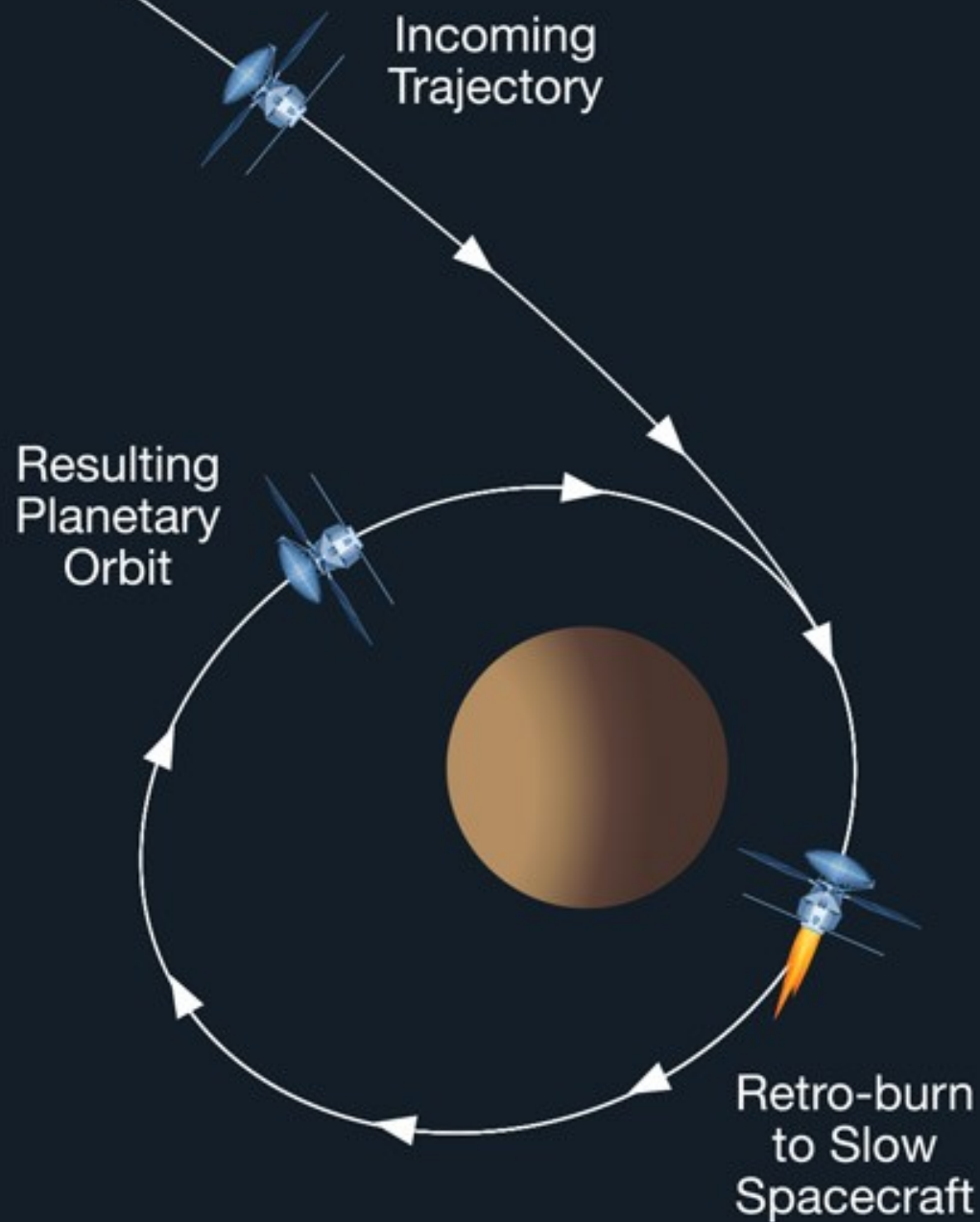
Diminuição das observações

Observações do lado escuro do planeta

Após esta fase, encerram-se as observações

Os instrumentos são novamente calibrados

# Operações de Inserção de Órbita Planetária



# Inserção

A navegação interplanetária tem que ser precisa

É feita a localização correta no tempo correto

A desaceleração é controlada

Trajetória curvada pela gravidade do planeta

Manobras e propulsores em tempos precisos

Pouca informação quando está atrás do planeta

*Aerobraking*: de órbita elíptica para circular

# Exploração de sistema usando a espaçonave

Observações do planeta, atmosfera, satélites, anéis, magnetosfera, durante anos ou mais

Instrumentos de sensoriamento direto e remoto

Utiliza órbita de baixa inclinação

- Permite exposição repetida a satélites

- Cobertura adequada do planeta e da magnetosfera

# Mapeamento planetário

Concentra as observações no planeta

Obtém dados da superfície e da atmosfera

Usa órbita de alta inclinação

- O planeta gira abaixo da órbita da espaçonave

- Permite exposição a toda superfície

Tanto Mapeamento quanto Exploração dependem de suporte contínuo da equipe de voo, DSN, e outros times institucionais



# Ocultações

Terra, Sol, ou estrela desaparece atrás de um planeta, anéis, atmosfera, ou satélites

A ocultação é utilizada em experimentos científicos

Vários tipos de observações são possíveis

Espectrômetro, fotômetro, rádio, radar

Composição, estrutura, massa, tamanho, etc.

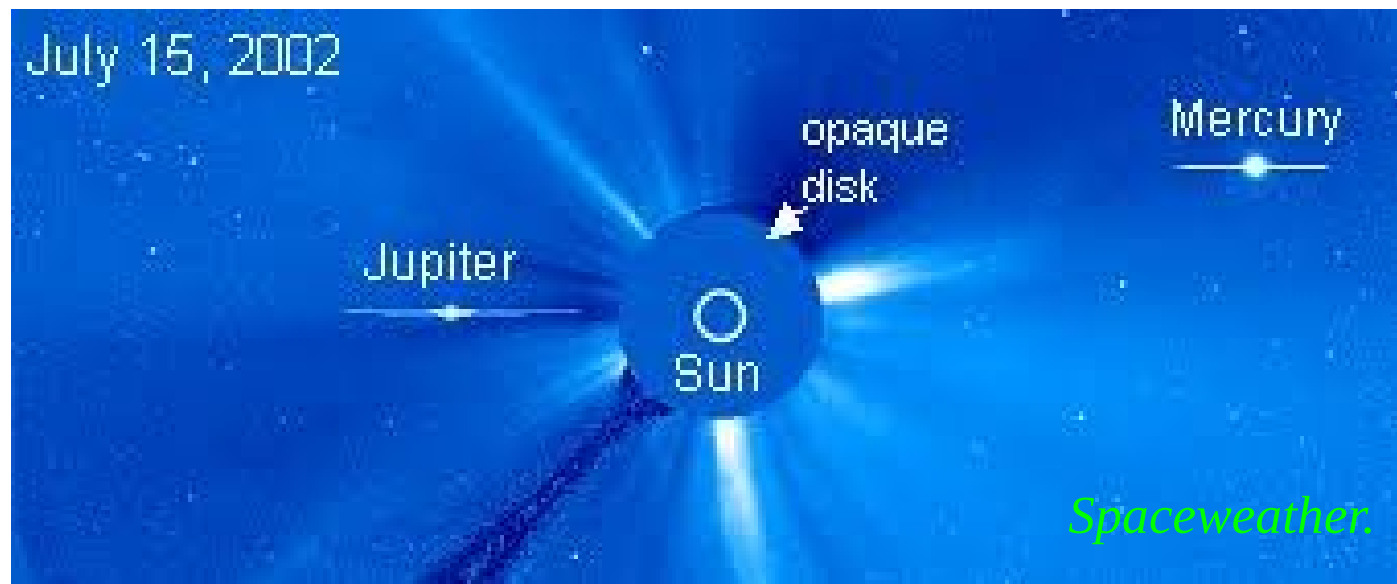
# Ocultações planetárias extrassolares

Identificar planetas extrassolares (exoplanetas)

O brilho da estrela diminui quando passa atrás

Observações da Terra ou de espaçonaves

Coronógrafo oculta o disco solar para facilitar a observação de material orbitando a estrela



# Levantamento de Campo Gravitacional

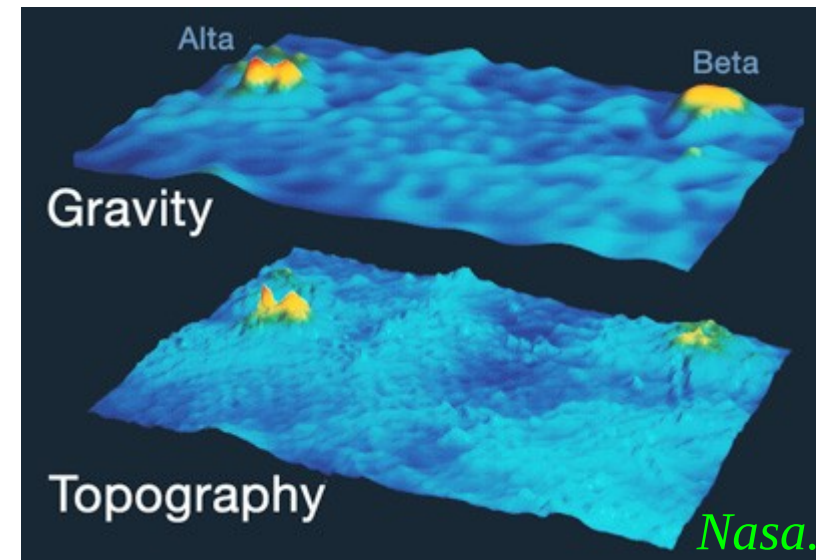
Diferenças de atração gravitacional indicam a variação de massa abaixo da superfície

O levantamento da variação de gravidade auxilia na navegação em órbita

Auxilia na análise das imagens obtidas

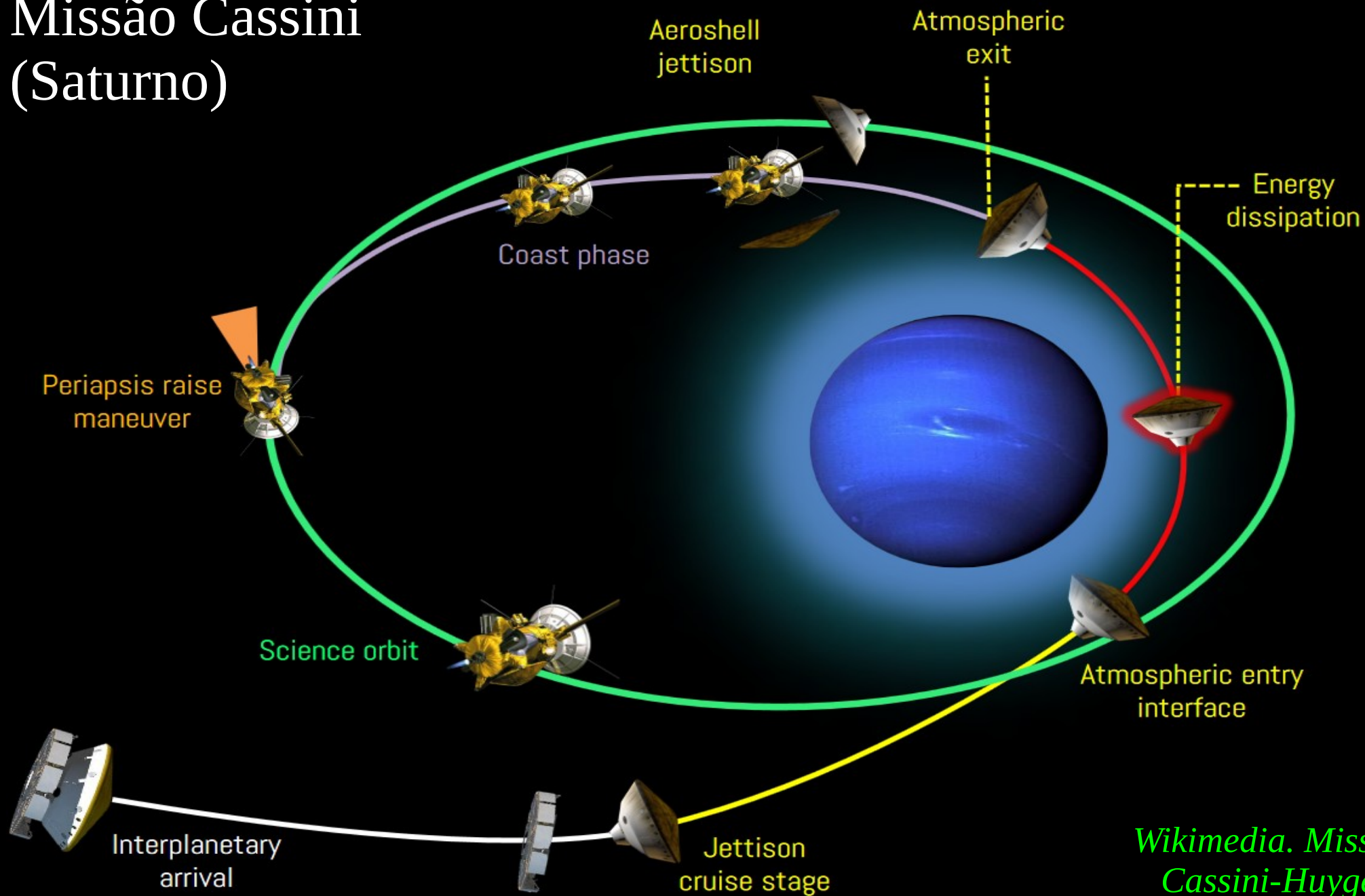
Fornece informações sobre processos geológicos

Desvios Doppler indicam acelerações da espaçonave resultantes de variações na distribuição de massa



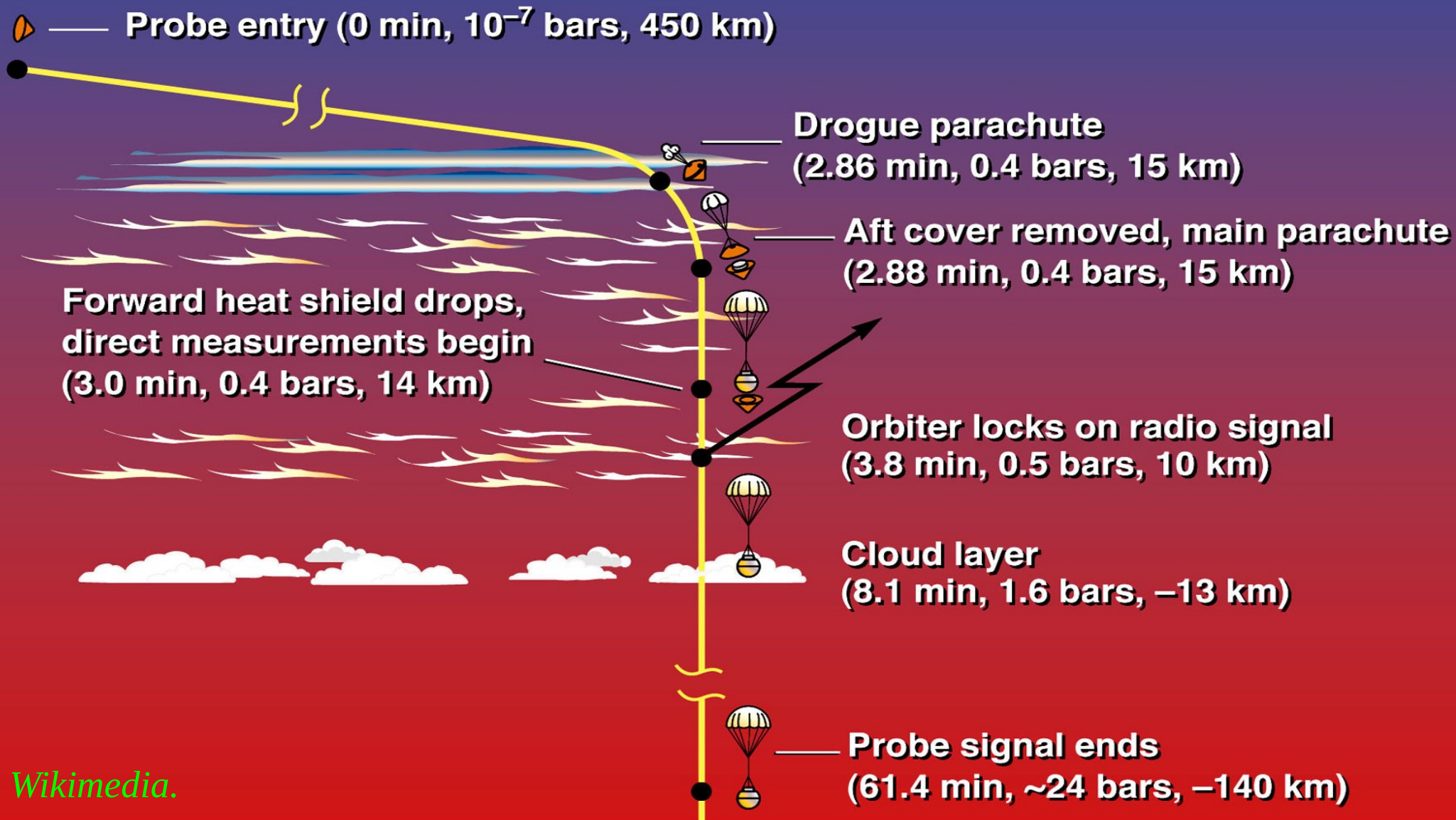
# Entrada Atmosférica e Aerofrenagem

## Missão Cassini (Saturno)



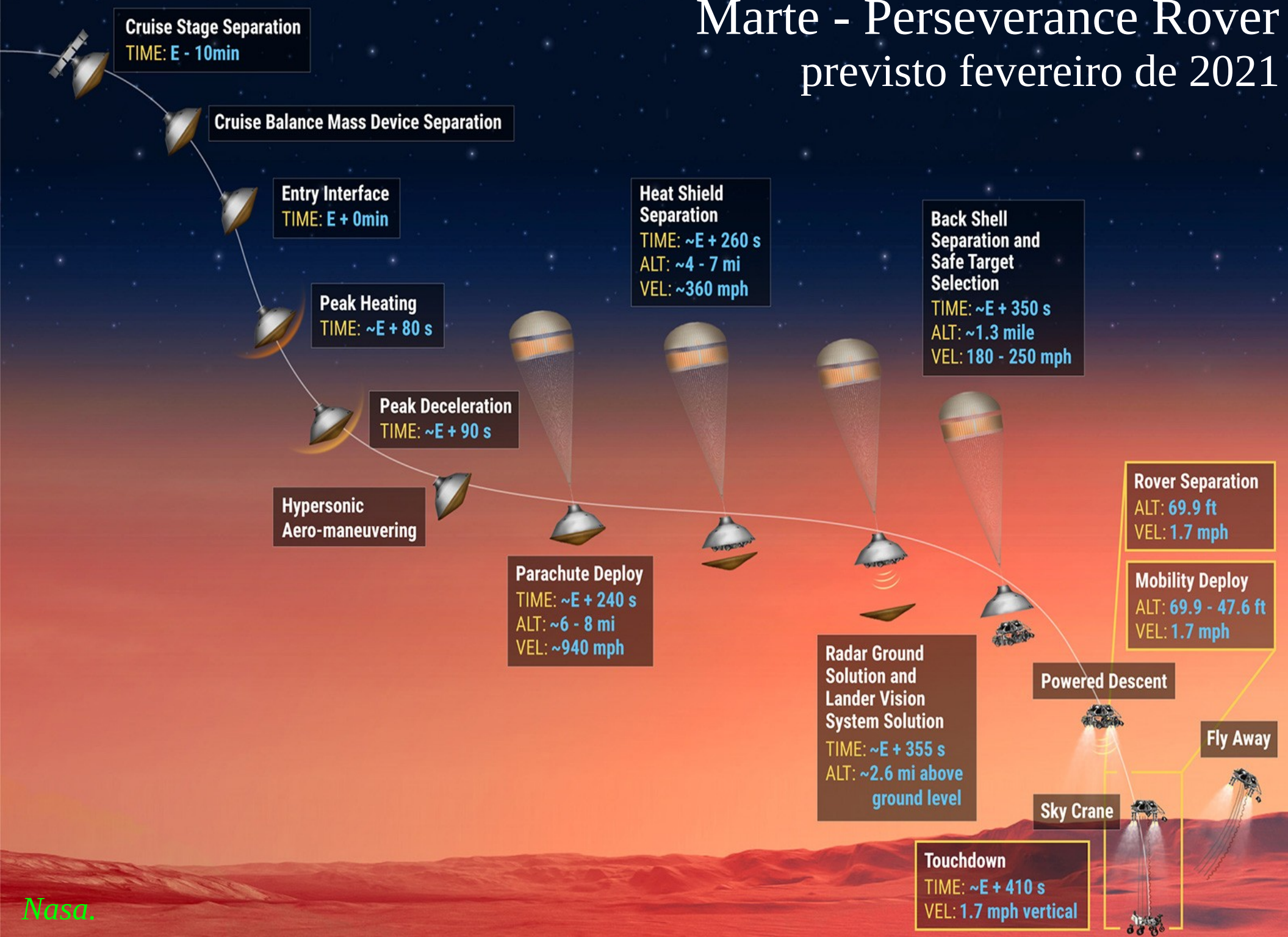
# Sonda Galileu (Jupiter)

## Probe Mission





# Marte - Perseverance Rover previsto fevereiro de 2021



# Aerofrenagem

É necessário uma atmosfera

Desacelera convertendo velocidade em calor através de compressão supersônica atmosférica

Entra na atmosfera, ou somente reduz energia

Escudo aerodinâmico na sonda atmosférica para entrar na atmosfera

É possível usar para colocar em órbita circular

# Descida e Pouso

Aerofrenagem para descer em um planeta

Paraquedas, propulsão, *airbag*, para pouso suave

Viking em Marte: paraquedas e propulsão

Spirit e Opportunity: *airbag*

Curiosity: propulsão

Soviet Venera (Vênus): almofada de pé

Surveyor (Lua): almofada de pé



# Rastreamento de Balão



# Balão

O DSN rastreia o progresso, ou uma espaçonave orbitando faz a retransmissão

Soviet Vega (1986, Vênus): balões e DSN

Planejamento para balões em Marte

Dependerá de retransmissores

As naves Mars Global Surveyor, Mars Odyssey, e Mars Express, são retransmissores

# Amostragem

Espaçonave pousa, extrai amostras do solo, analisa, e os dados são (re)transmitidos à Terra

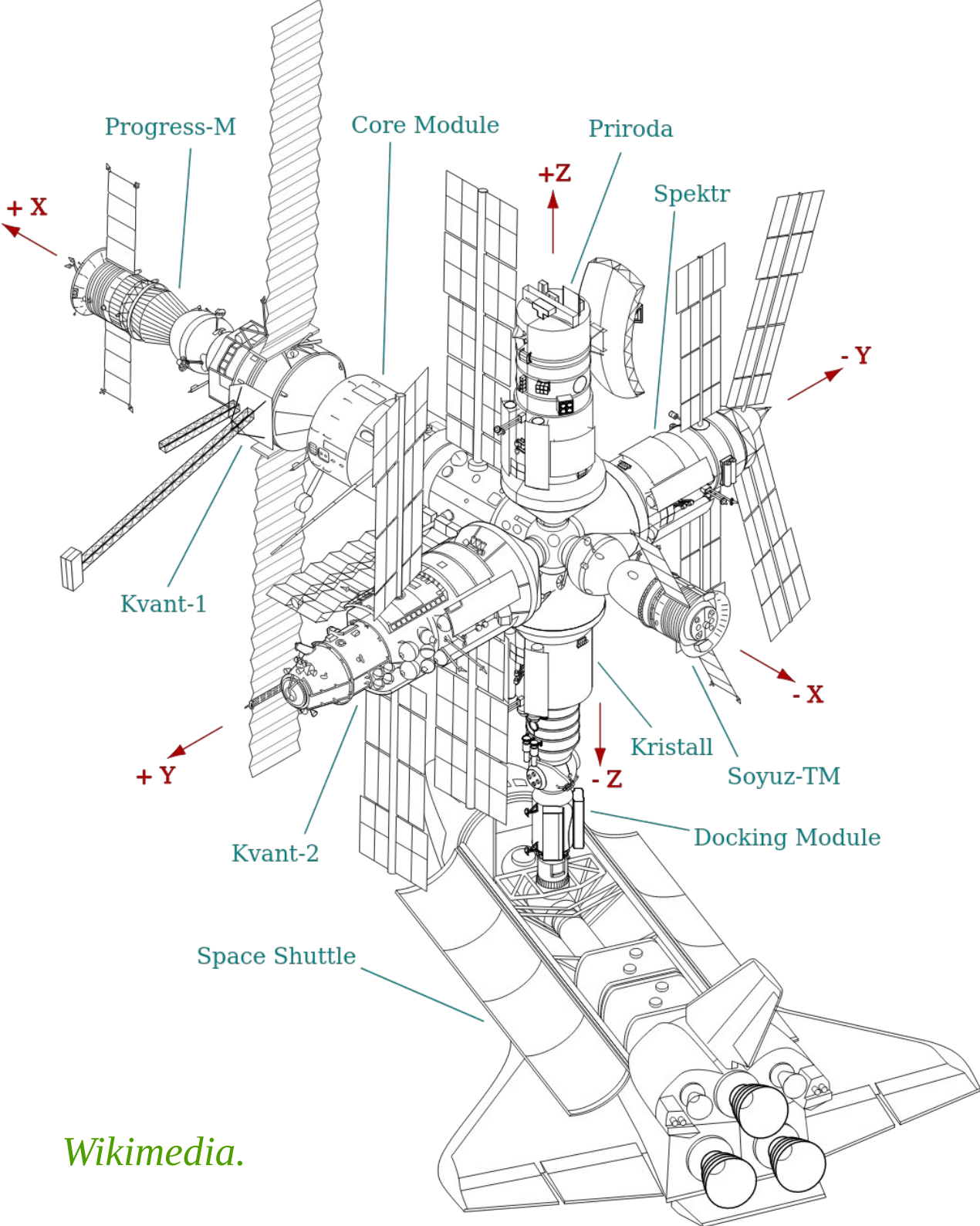
OSIRIS-REx: asteroide Bennu

Ônibus Espacial (1982) trouxe poeira cósmica

A Stardust (1999), amostras do cometa Wild 2

A Genesis (2001), amostras de vento solar

O paraquedas falhou



Comentários?

E Furlan M  
[github.com/efurlanm/382](https://github.com/efurlanm/382)  
[efurlanm@gmail.com](mailto:efurlanm@gmail.com)