



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

MISSÕES NANOSATC-BR1 E OSIRIS-REX

E. F. M.

CAP382 Tópicos em Tecnologias
Espaciais

URL do documento original:
<<http://urlib.net/xx/yy>>

INPE
São José dos Campos
2021

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6923/6921

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: <pubtc@sid.inpe.br>

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):**Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Amauri Silva Montes - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Joaquim José Barroso de Castro - Centro de Tecnologias Espaciais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

MISSÕES NANOSATC-BR1 E OSIRIS-REX

E. F. M.

CAP382 Tópicos em Tecnologias
Espaciais

URL do documento original:

<<http://urlib.net/xx/yy>>

INPE
São José dos Campos
2021



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

Informar aqui sobre marca registrada (a modificação desta linha deve ser feita no arquivo publicacao.tex).

Informar aqui sobre fontes financiadoras (a modificação desta linha deve ser feita no arquivo publicacao.tex).

RESUMO

O NanoSatC-Br1 é um microsatélite brasileiro, um CubeSat executado no âmbito do Convênio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através de sua subunidade o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS) com a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O OSIRIS-REx é uma missão de ciência planetária, que consiste em estudar e coletar amostras do asteroide 101955 Bennu, um asteroide carbonáceo, trazendo a amostra até a Terra em 2023. O objetivo deste trabalho é mostrar os aspectos principais de cada missão, como objetivo, descrição, funcionamento, e equipamentos científicos.

Palavras-chave: Missões, Espaço.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Modelo de engenharia da plataforma.	4
2.2 Padrão CubeSat 1U.	5
2.3 Plataforma.	6
2.4 Veículo Dnepr.	7
2.5 Dnepr - lançamento.	7
2.6 P-Pod Orbital Deployer.	8
2.7 Diagrama da placa de carga útil do NanosatC-Br1.	8
3.1 Trajetória da missão OIRIS-R.	9
3.2 Principais componentes da OSIRIS-REx.	11
3.3 OSIRIS-REx na câmara de vácuo.	12
3.4 Esquema da cápsula de retorno de amostras.	13
3.5 Cápsula de retorno de amostra, durante testes.	14
3.6 Espaçonave e cápsula de retorno de amostra.	15
3.7 Cronograma do projeto OSIRIS-Rex.	15
3.8 Órbita e trajetória da Osiris em torno do asteroide.	16
3.9 Instrumentos da OSIRIS-REx.	17
3.10 Grupo de câmeras de imagem - OCAMS.	18
3.11 Espectrômetro Visível e IR - OVIRS.	19
3.12 Espectrômetro de Emissão Termal - OTES.	20
3.13 Espectrômetro de imagens de raios X - REXIS.	21
3.14 Espectrômetro de imagens de raios X - REXIS.	22
3.15 Sistema de retorno de amostra - TAGSAM.	22

LISTA DE TABELAS

Pág.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Organização do texto	1
2 NanosatC-Br1	3
2.1 Missão	3
2.2 Descrição	3
2.3 Funcionamento	3
2.4 Equipamentos	5
3 OSIRIS-REx	9
3.1 Missão	9
3.2 Descrição	10
3.3 Funcionamento	15
3.4 Equipamentos	17
4 COMENTÁRIOS FINAIS	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

A viagem e a exploração espacial incluem o transporte de veículos através do espaço sideral, e estão associados às tecnologias de propulsão, astrodinâmica, astronáutica, e construção e lançamento de veículos. O interesse pelos astros e sistema solar remonta o início da história da humanidade, e as pessoas dependiam de medições indiretas e observações da luz visível e à distância dos objetos. Com a evolução da tecnologia e do conhecimento, foi possível o envio de espaçonaves ao espaço com diversas finalidades, incluindo exploração, observação, telecomunicação, defesa, e outros.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é explorar duas missões espaciais, NanosatC-Br1 e OSIRIS-REx, mostrando as missões, descrição, funcionamento, e equipamentos da espaçonave.

1.2 Organização do texto

A seguir está uma breve descrição dos demais capítulos deste documento, mostrando a sua organização:

- Capítulo 1: Introdução.
- Capítulo 2: NanosatC-Br1.
- Capítulo 3: OSIRIS-REx.
- Capítulo 4: Comentários finais.

2 NanosatC-Br1

Os objetivos do projeto CubeSat são a capacitação para a realização de pesquisa e desenvolvimento com instrumentação espacial, a capacitação tecnológica das instituições que participam da missão, o monitoramento do geoespaço, qualificação de circuitos eletrônicos no espaço, pesquisas científicas relacionadas a fenomenologia do geoespaço e clima espacial, e promoção de cooperação (INPE, 2020). É o primeiro satélite científico Cubesat desenvolvido no Brasil. Este capítulo mostra missão, descrição, funcionamento, e equipamentos do NanosatC-Br1.

2.1 Missão

A missão é estudar distúrbios da magnetosfera, principalmente na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (SAMA), e também no setor brasileiro do Eletrojato Equatorial Ionosférico (EEJ). Além disso, testa em voo circuitos integrados projetados no Brasil resistentes à radiação, com o objetivo de serem utilizados em missões futuras.

2.2 Descrição

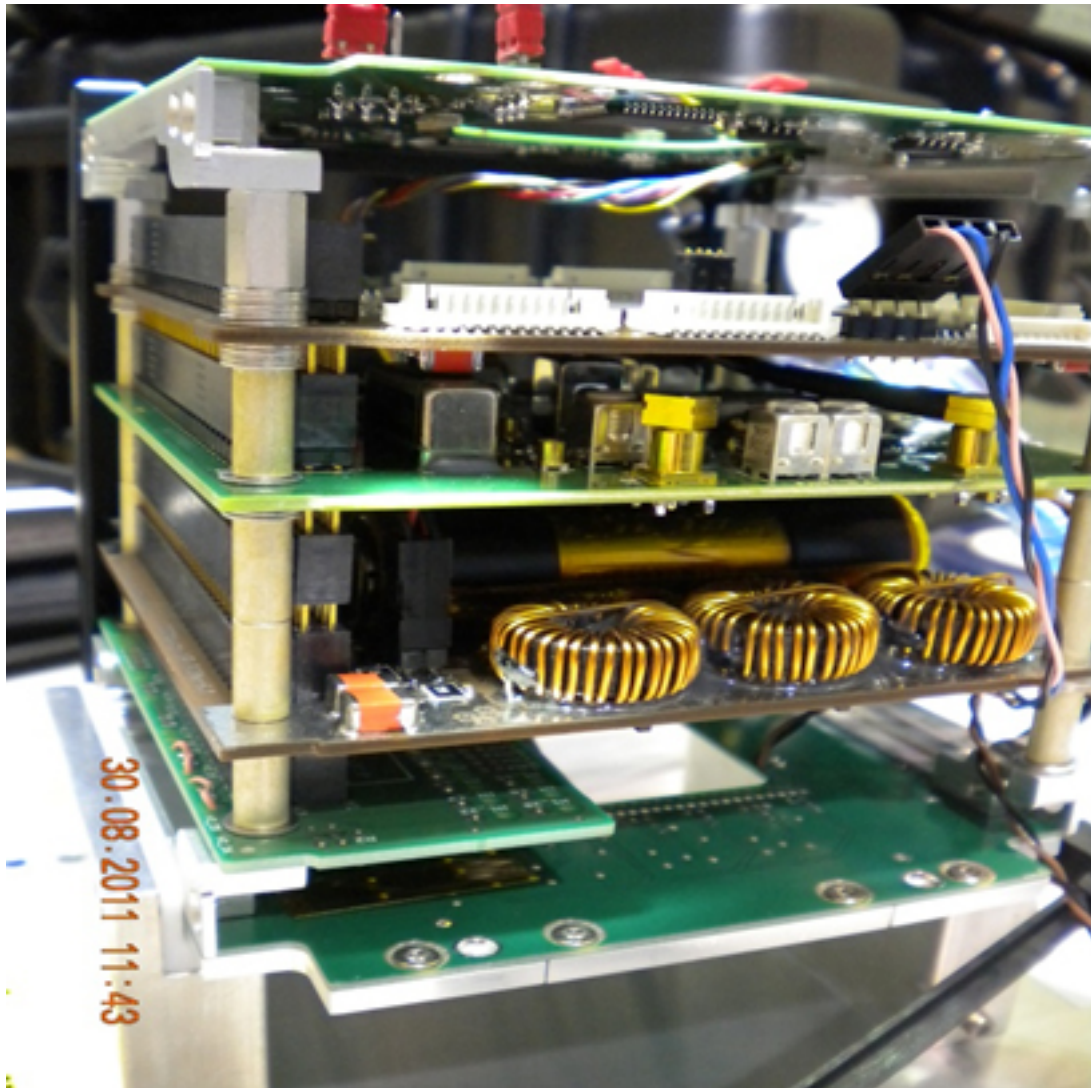
A Figura 2.1 mostra o Modelo de Engenharia da plataforma, que é o modelo para testes funcionais (SOUZA, 2020) que antecede o Modelo de Voo (ESA, 2020), e utiliza o padrão CubeSat 1U (Figura 2.2 e Figura 2.3). O Cubesat (Cube Satellite) normalmente possui o volume de 1 litro (10x10x10cm), massa de até 1,33 kg, e usa componentes eletrônicos “de prateleira” (CALPOLY, 2009).

O NanosatC-Br1 foi lançado em 19/07/14 na base de Dombarovsky na Rússia, por um veículo Dnepr (Figura 2.4) que é um míssil balístico ICBM convertido para colocar satélites em órbita, lançado a partir de seu silo subterrâneo (Figura 2.5). O Dnepr lançou 37 satélites de uma só vez (GRAHAM, 2014). Eles são acoplados em um dispositivo/interface que os ejeta assim que o veículo estiver na órbita de lançamento correta. Existem vários tipos de interface entre o Cubesat e o Lançador, como por exemplo o P-POD (Poly Picosatellite Orbit Deployer) (Figura 2.6) desenvolvido pela California Polytechnic State University (CalPoly) (BURGER et al., 2009).

2.3 Funcionamento

Através dos instrumentos, é possível determinar os efeitos em regiões como a da anomalia magnética do atlântico sul e do setor brasileiro do eletrojato equatorial (UFSM, 2014). O detector de partículas permite o monitoramento em tempo real

Figura 2.1 - Modelo de engenharia da plataforma.

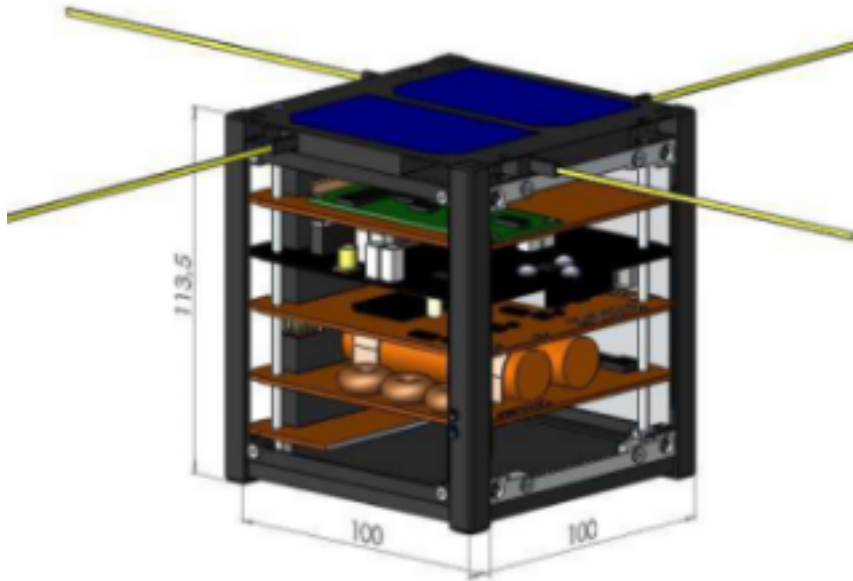


Fonte: Inpe (2020).

do geoespaço, permitindo o estudo da precipitação de partículas e de distúrbios na magnetosfera sobre o território nacional, determinando os efeitos em regiões como a da Anomalia Magnética no Atlântico Sul e do setor brasileiro do eletrojato equatorial.

Assim que foi lançado passou a operar em modo de segurança transmitindo em código morse (*beacon*). Ao captar o sinal foi necessário considerar as variações de frequência do sinal devido ao efeito Doppler e à variação de temperatura. Na sequência ocorreu o envio de telecomandos e a mudança para o modo nominal, com trans-

Figura 2.2 - Padrão CubeSat 1U.



Fonte: Durao e Schuch (2016).

missão digital em hexa, *beacon* de 165 bytes e geração de arquivos de carga útil e parâmetros de plataforma. Estes dados são então decodificados e transformados em valores de engenharia. (DURAO; SCHUCH, 2016)

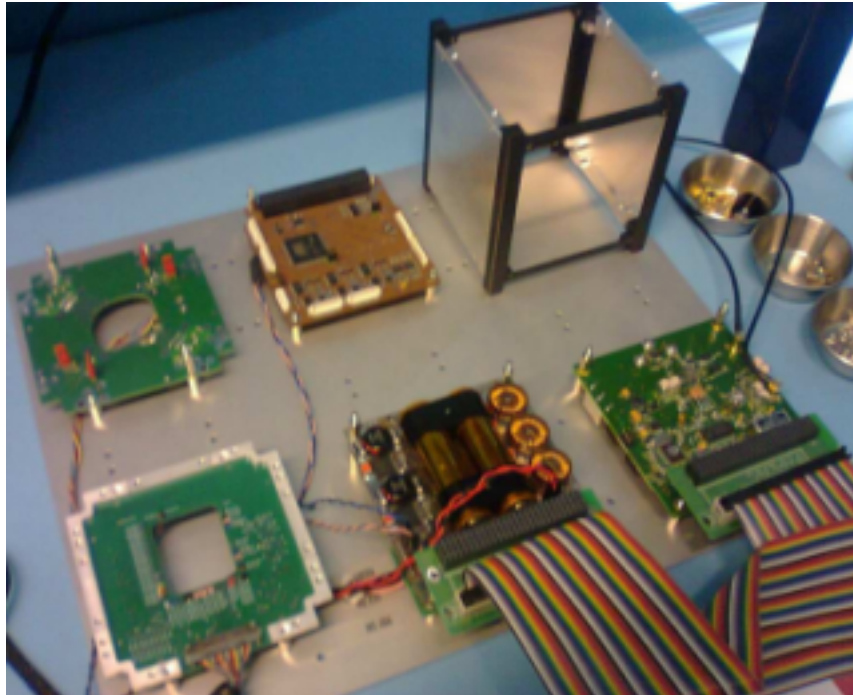
2.4 Equipamentos

Ele leva dois instrumentos, um magnetômetro e um detector de partículas de precipitação. O magnetômetro é de três eixos da empresa holandesa Xensor Integration, modelo XEN-1210, XI 2x2x4 mm., 3 eixos + eletrônica.

Utiliza um circuito integrado resistente à radiação, projetado e construído pela UFSM, o *RH-DRVTestChip-I*, que tem a função de selecionar cargas úteis, é acionado por telecomando, e atua como interface entre *cargas úteis* e a *plataforma de serviço* do satélite. Utiliza também um sistema FPGA resistente à radiação desenvolvido pela UFRGS (INPE, 2018).

O diagrama da placa de carga útil do NanosatC-Br1 é mostrado na Figura 2.7 e é constituído basicamente de magnetômetro, FPGA, e SMDH. No diagrama, o barramento I2C é responsável pela comunicação dos componentes eletrônicos, o BOB (*Break-out Board*) assiste na comunicação entre as placas eletrônicas do satélite (CONCEICAO et al., 2016), o FPGA controla os dados do experimento e faz a

Figura 2.3 - Plataforma.



Fonte: Durao e Schuch (2016).

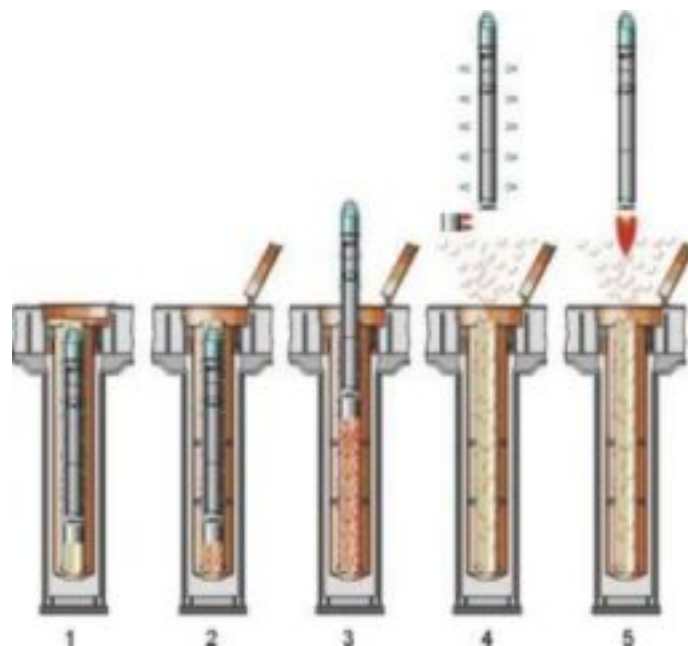
interface com o computador de bordo, o SMDH (Santa Maria Design House) é um componente eletrônico ASIC projetado para ser tolerante à radiação e que está sendo testado no ambiente espacial, e o magnetômetro registra variações na intensidade do campo magnético terrestre (COUTO et al., 2019).

Figura 2.4 - Veículo Dnepr.



Fonte: Wikipedia.

Figura 2.5 - Dnepr - lançamento.



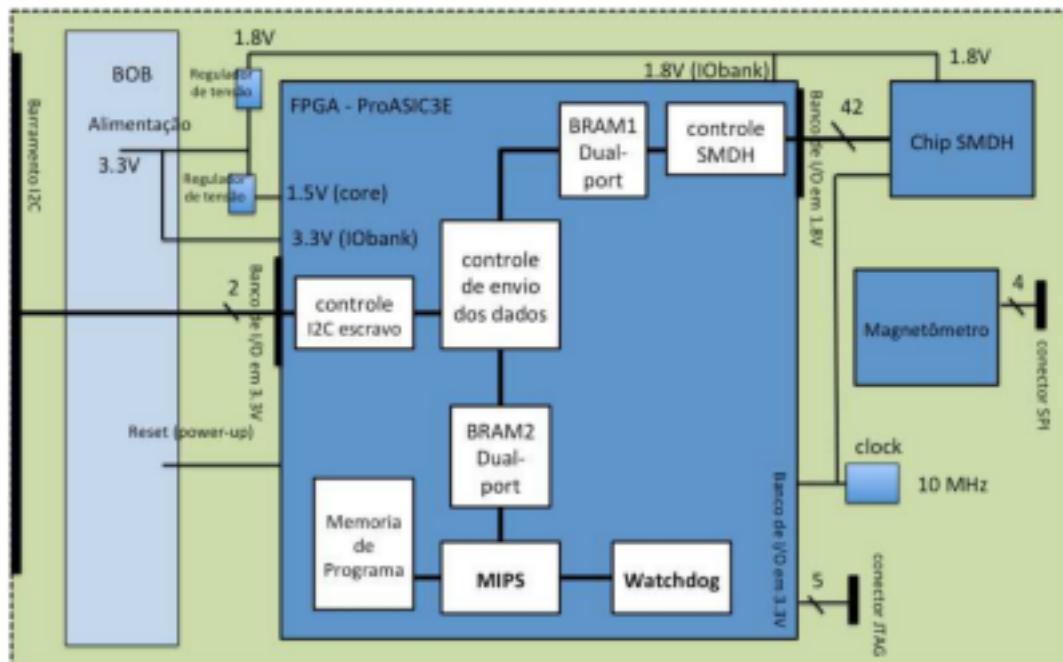
Fonte: orbita.zenite.nu.

Figura 2.6 - P-Pod Orbital Deployer.



Fonte: AMSAT-UK Radio Amateur Satellites.

Figura 2.7 - Diagrama da placa de carga útil do NanosatC-Br1.



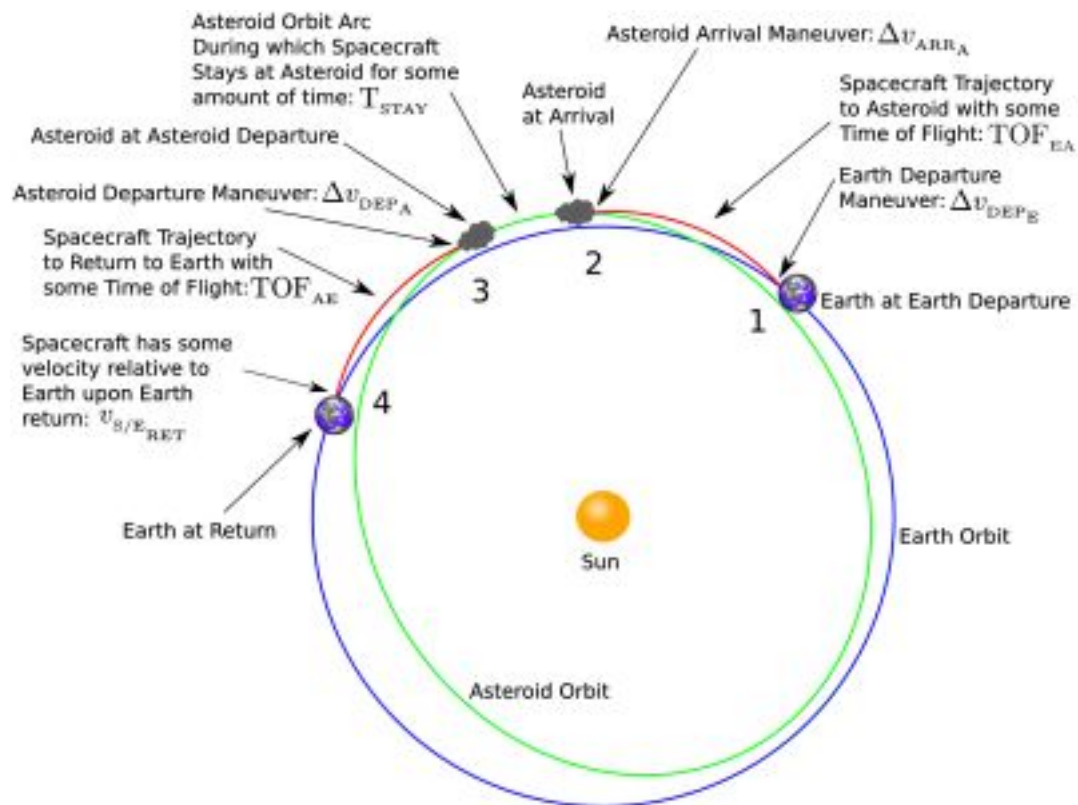
Fonte: Durao e Schuch (2016).

3 OSIRIS-REx

A OSIRIS-Rex (*Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer*) é uma missão da Nasa que visa coletar uma amostra do asteroide Bennu, e trazer de volta para a Terra para ser estudado (NASA, 2020).

3.1 Missão

Figura 3.1 - Trajetória da missão OSIRIS-R.



Fonte: Wikipedia.

O principal objetivo da missão é obter uma amostra de pelo menos 60 gramas do asteroide Bennu que orbita o sol e que é classificado como um objeto próximo à Terra. O material coletado será utilizado também em estudos da evolução do sistema solar, além de estudo de compostos orgânicos que levaram à formação da vida na Terra. Foi lançado em 2016 e o retorno está previsto para 2023 (Figura 3.1). O custo aproximado da missão é de aproximadamente US\$ 1 bilhão, incluindo o veículo lançador Atlas V.

A Osiris é a segunda missão a recolher amostras em asteroides, antes dela a sonda japonesa Haybusa recolheu amostras do asteroide Itokawa em 2010. O *Goddard Space Flight Center* da Nasa cuida do gerenciamento geral, engenharia, e navegação da missão. O Laboratório Lunar e Planetário da Universidade do Arizona cuida das operações científicas. A *Lockheed Martin Space Systems* construiu a espaçonave e cuida das operações da missão. O time de cientistas conta com membros dos EUA, Canadá, França, Alemanha, e UK (WIKIPEDIA, 2020b).

O lançamento ocorreu em 2016 no complexo de Cabo Canaveral, e usou um veículo lançador Atlas V. A espaçonave entrou em fase de cruzeiro assim que separou do veículo lançador. Em seguida o painel solar foi aberto, o sistema de propulsão foi iniciado, e foi estabelecida a ligação de comunicação com a Terra. Em dezembro de 2016 realizou a sua primeira manobra no espaço profundo. Depois outra manobra em janeiro de 2017. Quando se encontrou com o asteroide em dezembro de 2018, entrou na fase de ciência e coleta de amostras.

Durante a fase de cruzeiro, ao passar próximo ao ponto L4 de Lagrange entre o Sol e a Terra, a espaçonave foi usada para estudar uma classe de objetos conhecidos como *Earth-Trojan* (WIKIPEDIA, 2020a). Em fevereiro de 2017 a câmera MapCam foi usada para procurar os objetos e tirar fotografias que serão estudadas pela Universidade do Arizona. Outro instrumento, a PolyCam, também foi usado para tirar fotos de Júpiter e de três luas, Calisto, Io, e Ganimedes.

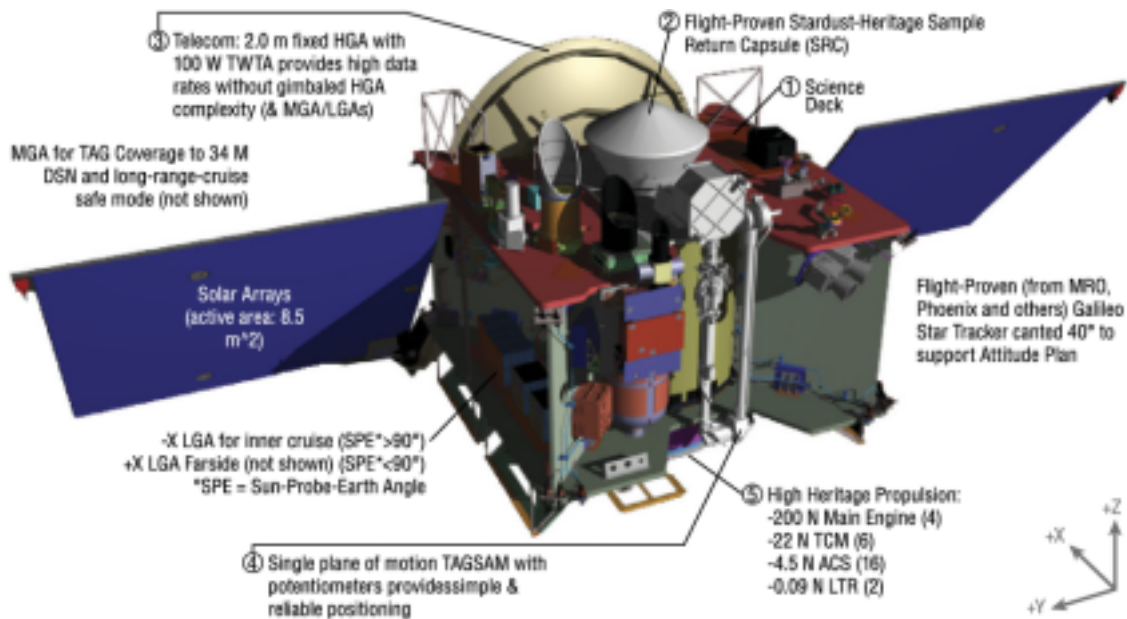
Ao chegar em Bennu, a espaçonave fez várias passagens próximas à superfície do asteroide, para refinar o formato e a órbita de Bennu. Durante as passagens, o espectroscópio detectou minerais hidratados na forma de argila. Ao entrar em órbita em dezembro de 2018 a cerca de 1,75 km do asteroide, a espaçonave iniciou a campanha de mapeamento e sensoriamento remoto. No final desta etapa, a órbita passou para um raio de 1 km.

Os objetivos científicos da missão são analisar uma amostra do asteroide, mapear as propriedades dos materiais, documentar a textura, morfologia, geoquímica, e outras propriedades como força térmica, e comparação com outros asteroides.

3.2 Descrição

As dimensões da espaçonave são aprox. 2,4 x 2,4 x 3,2 m, e pesa cerca de 2 toneladas. Com os painéis abertos mede 6,2 m. Os painéis solares geram de 1,2 a 3 kW, dependendo da distância do sol. A energia é armazenada em baterias Li-ion.

Figura 3.2 - Principais componentes da OSIRIS-REx.



Fonte: Lauretta (2017).

A propulsão utiliza hidrazina como propelente e é baseada no sistema desenvolvido para a *Mars Reconnaissance Orbiter*. Carrega 1,2 toneladas de propelente que é mantido pressurizado utilizando um tanque externo de hélio. A Figura 3.3 mostra a OSIRIS-REx sendo colocada na câmara térmica de vácuo na Lockheed Martin para testes ambientais.

A OSIRIS-Rex reúne todos os ingredientes necessários para realizar uma missão coleta de amostra em asteroide: a Universidade do Arizona cuida da ciência planetária e tem experiência na operação do módulo Mars Phoenix Lander; a Lockheed Martin possui experiência em desenvolvimento e operação de missões de retorno de amostra; o Goddard Space Flight Center (Nasa) possui experiência em gerenciamento de projetos, engenharia de sistemas, segurança, e garantia de missão e espectroscopia de infravermelho próximo visível; A KinetX possui experiência em navegação de espaçonaves; A Universidade do Estado do Arizona tem experiência com espectrômetros de emissão térmica; a Agência Espacial Canadense forneceu o altímetro a laser, que também foi usado na missão Phoenix Mars; o MIT e o Harvard College Observatory forneceram um espectrômetro de raios-X de imagem; além de uma equipe de cientistas dos Estados Unidos, Canadá, França, Alemanha, Grã-Bretanha e Itália (EOPORTAL, 2020).

Figura 3.3 - OSIRIS-REx na câmara de vácuo.



Fonte: Nasa.

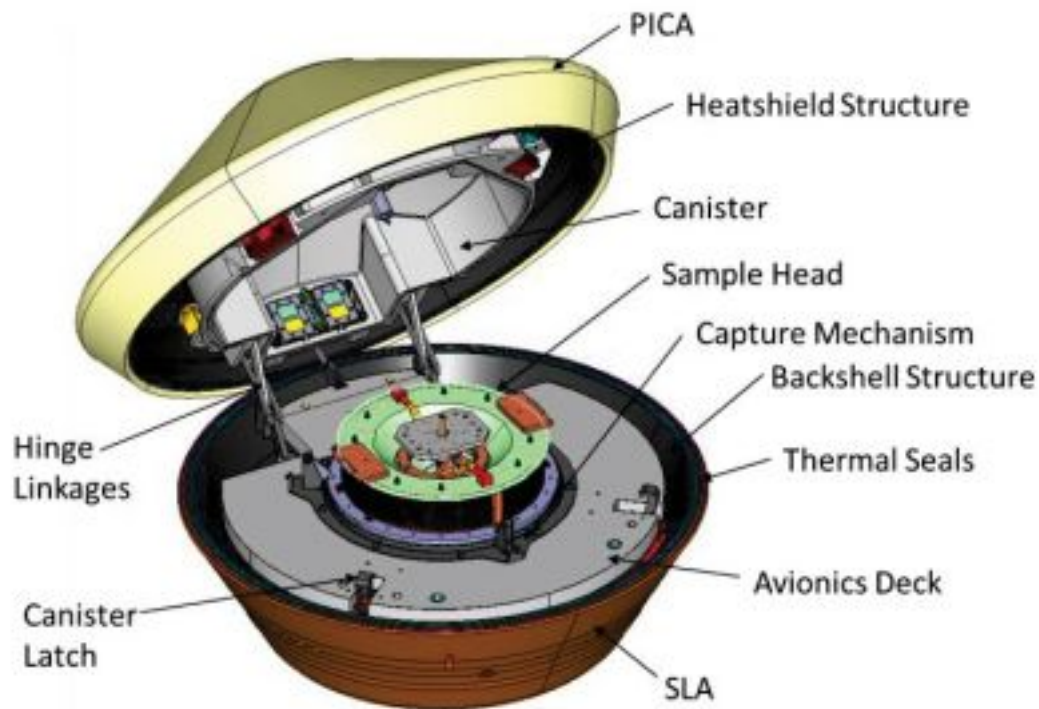
O asteroide Bennu é um objeto próximo à Terra com um diâmetro de aprox. 500 metros, massa de $7,8 \times 10^{10}$ kg, completa uma órbita do Sol a cada 1,2 anos, e se aproxima da Terra a cada 6 anos. Sua órbita é relativamente bem conhecida, e constantemente está sendo atualizada.

Para o retorno da amostra será utilizada uma cápsula (Figura 3.4) baseada na que foi utilizada na missão Stardust da Nasa. A Figura 3.5 mostra a cápsula aberta durante testes, e a Figura 3.6 mostra a cápsula e o deck de instrumentos. Ela é uma peça crítica para o sucesso da missão, e tem a tarefa de transportar o material do asteroide até a Terra, reentrar na atmosfera protegendo contra o calor, e usar um paraquedas de aterrissagem.

A Figura 3.7 mostra o cronograma do projeto OSIRIS-Rex com os principais eventos, desde o início em 2010, passando pelo retorno da amostra, até a fase final planejada do projeto que é a análise contínua de amostras.

O projeto da espaçonave é baseado nas missões MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) e MAVEN (Mars Atmosphere e Volatile EvolutionN), aproveitando os principais

Figura 3.4 - Esquema da cápsula de retorno de amostras.



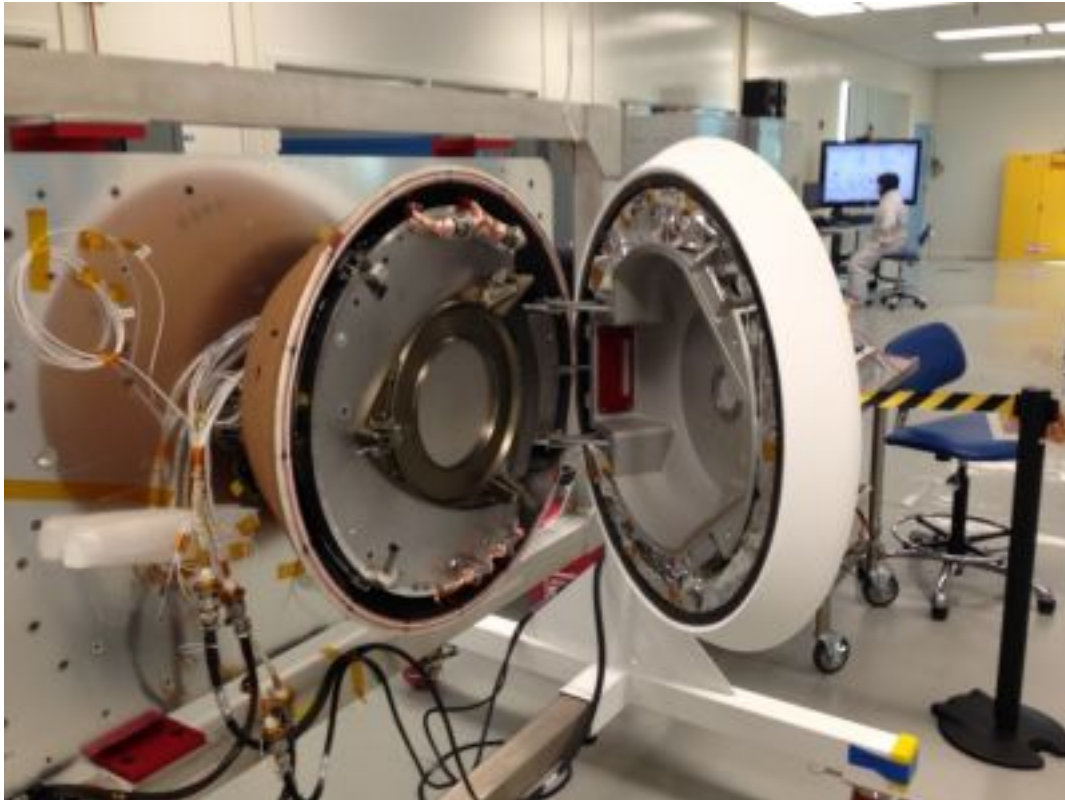
Fonte: spaceflight101.com.

componentes. Os recursos possuem margens de segurança, e os sistemas são redundantes. O sistema de voo inclui a estrutura e todos os vários componentes do subsistema para controlar e operar o veículo, o TAGSAM (Touch-And-Go Sample Acquisition Mechanism), o SRC (Sample Return Capsule) e os cinco instrumentos científicos.

O EPS (Subsistema de Energia Elétrica) inclui dois painéis solares rígidos, manipulados sobre os eixos Y e Z da espaçonave. Além disso, duas baterias são utilizadas para manobras quando o sol não está incidindo nos painéis solares.

O subsistema de propulsão (PPS) é monopropelente e tolerante a falhas, e inclui motores principais, propulsores de manobra de correção de trajetória, propulsores de sistema de controle de atitude e baixo conjuntos de motores de reação de empuxo. A propulsão está envolvida em todas as fases da missão, incluindo a fase de partida da Terra para ajustar a velocidade de escape da Terra; a fase de cruzeiro para ajustar a trajetória e garantir uma trajetória perfeitamente precisa, e a chegada em Bennu.

Figura 3.5 - Cápsula de retorno de amostra, durante testes.



Fonte: spaceflight101.com.

O subsistema GN&C (Orientação, Navegação e Controle) inclui quatro RWAs (Reaction Wheel Assemblies) para realizar o giro da espaçonave e apontar os instrumentos durante as operações científicas. Essas rodas de reação também armazenam o momento do sistema entre os eventos. O subsistema GN&C é responsável por comandar todos os propulsores da espaçonave, incluindo a execução de manobras de correção de trajetória. O subsistema utiliza uma IMU (Unidade de Medição Inercial) e rastreadores de estrelas para auxiliar o comando de atitude a bordo. Os sensores solares também suportam operações de segurança autônomas. Dois sensores GN&C fornecem medições usadas para navegação.

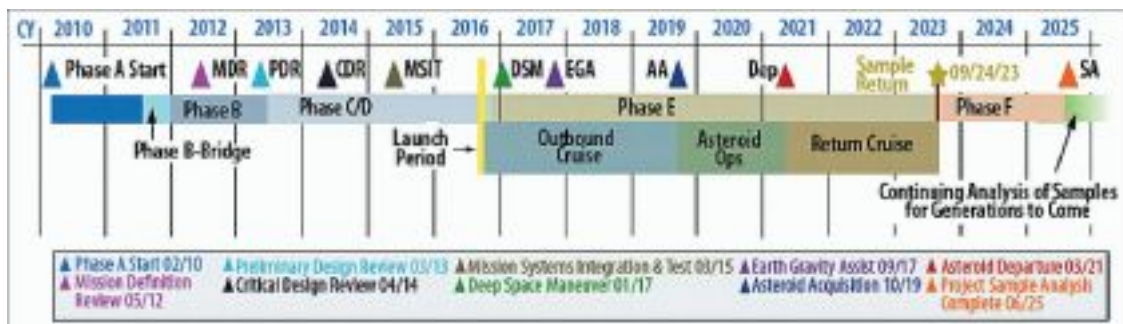
O subsistema de comunicações utiliza banda X usando uma antena de alto ganho MAVEN e um amplificador MRO para *downlink* com alta taxa de dados. Uma antena de ganho médio é utilizada durante a fase da missão TAG (“Touch-And-Go”). Além disso, duas antenas de baixo ganho estão disponíveis para TAG, e também são usadas para comando de *downlink* e *uplink* de dados de engenharia nominais (EOPORTAL,

Figura 3.6 - Espaçonave e cápsula de retorno de amostra.



Fonte: spaceflight101.com.

Figura 3.7 - Cronograma do projeto OSIRIS-Rex.



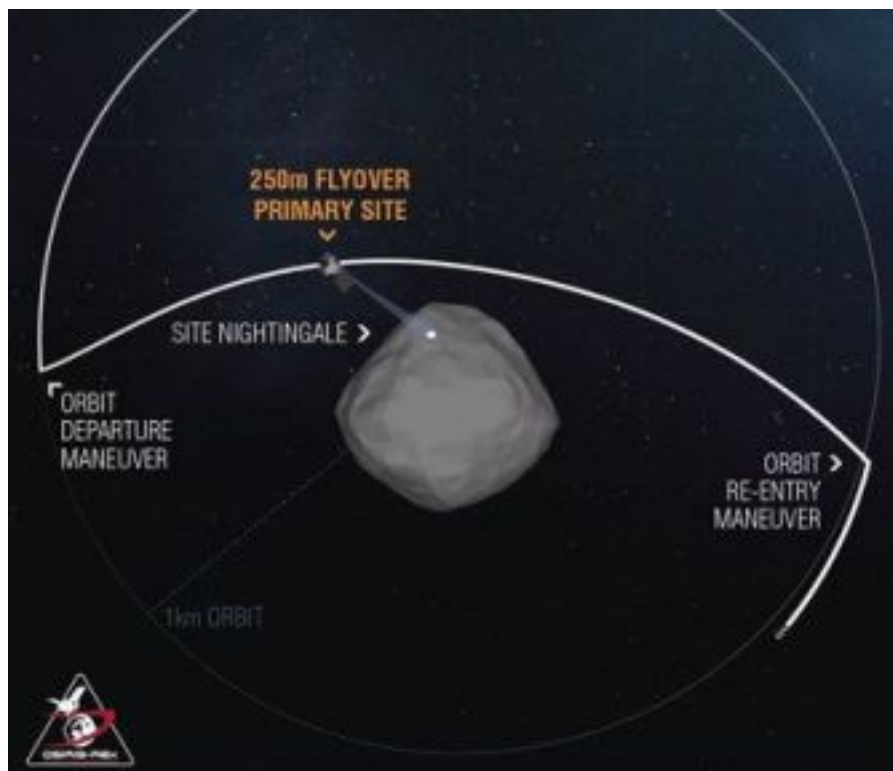
Fonte: Nasa.

2020).

3.3 Funcionamento

Em dezembro de 2018, após uma viagem de aproximadamente dois anos, a espaçonave encontrou o asteroide (Figura 3.8), entrou em órbita, e durante meses recolheu informações e analisou a superfície, a uma distância de aproximadamente 5 km, para que a equipe da missão pudesse selecionar um local apropriado para extrair amostras. Quatro locais candidatos foram escolhidos e um selecionado. Em dezembro de

Figura 3.8 - Órbita e trajetória da Osiris em torno do asteroide.



Fonte: Europa Press.

2020 a Osiris iniciou as manobras de aproximação, e coletou amostras. A amostra retornará à Terra em uma cápsula com paraquedas, e a viagem de volta será mais curta do que a de ida.

Antes da coleta da amostra, dois ensaios foram realizados, um em abril e outro em agosto, o primeiro chegou a 65 m da superfície, e o segundo a 40 m. Para a coleta, os painéis solares foram colocados em uma posição de 45° em "Y" para diminuir a chance de acúmulo de poeira e também para oferecer mais distância ao solo evitando um possível contato. A aproximação foi lenta para minimizar os disparos do propulsor e evitar contaminação da amostra pelo propelente. Um acelerômetro indicou o contato com a superfície e uma mola no braço reduziu a força de impacto. Após o contato, um braço robótico e uma explosão usando nitrogênio foram utilizados para colher as amostras, e fotos foram tiradas para verificar se amostras foram recolhidas. Estava nos planos a possibilidade de uma nova tentativa, mas não foi necessário. Após a aquisição da amostra, o plano era girar a espaçonave em torno do braço robótico para medir o momento de inércia e determinar a massa recolhida.

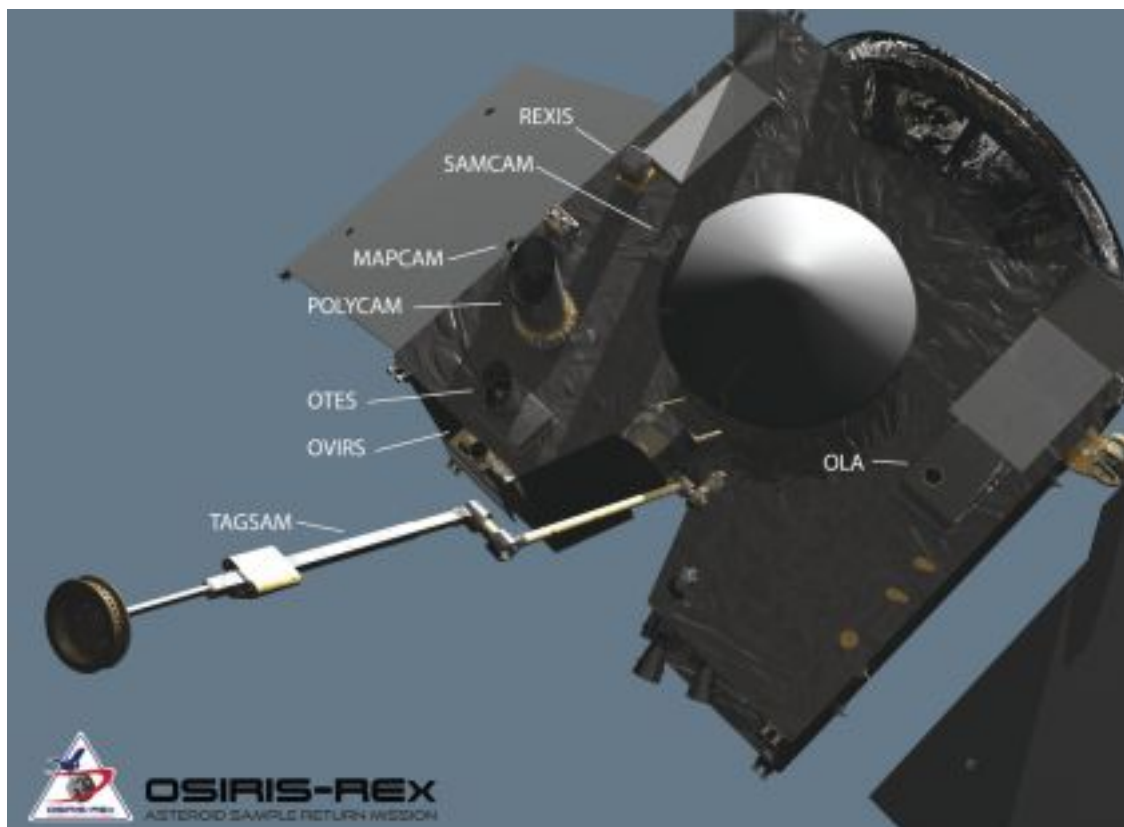
que deveria estar acima de 60 gramas, porém não foi realizado para evitar perda de amostra. O material da amostra foi então colocado na cápsula de retorno à Terra.

Assim que a amostra foi colocada na cápsula de retorno, foi feita uma *verificação de retorno* utilizando o braço robótico para verificar se o coletor de amostra estava bem preso na cápsula de retorno. Após a verificação o braço foi solto do coletor, e a cápsula foi fechada e selada.

A janela de partida para o retorno à Terra será em março de 2021, e enquanto isso a espaçonave está sendo preparada. A cápsula de retorno está programada para chegar em setembro de 2023, fazer a reentrada na atmosfera, e pousar usando paraquedas no deserto de Utah.

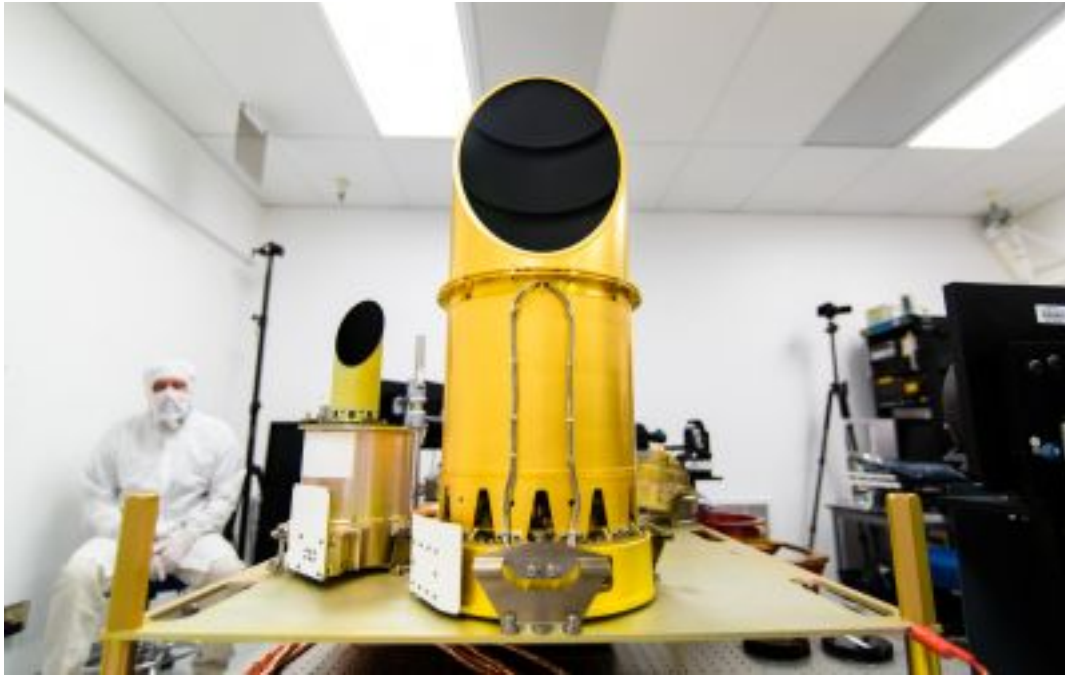
3.4 Equipamentos

Figura 3.9 - Instrumentos da OSIRIS-REx.



Fonte: Nasa (2020).

Figura 3.10 - Grupo de câmeras de imagem - OCAMS.



Fonte: Wikimedia.

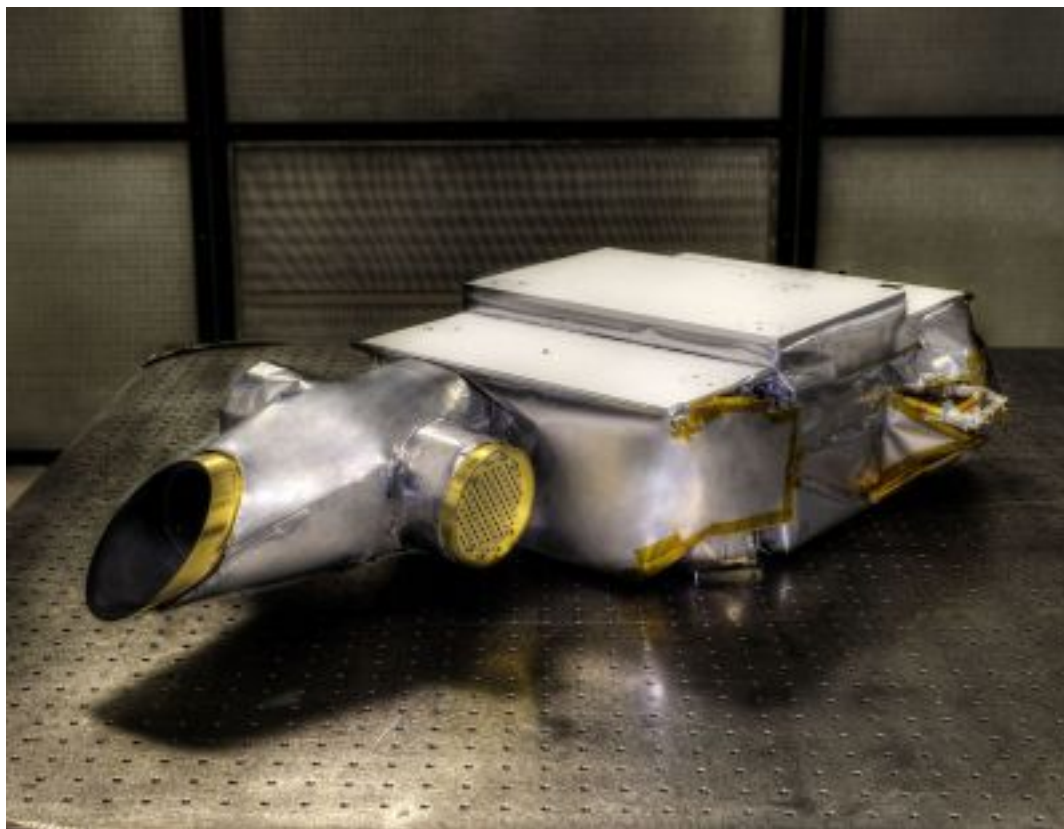
A espaçonave tem um conjunto de instrumentos de geração de imagens para analisar o asteroide em muitos comprimentos de onda, além do equipamento de telecomunicação (Figura 3.9).

O grupo de câmeras OCAMS (Figura 3.10) coleta informações do asteroide fornecendo mapeamento global, reconhecimento e caracterização do local que será extraída a amostra, imagens de alta resolução, e registra (fotografa) a aquisição da amostra. É composto de 3 instrumentos, PolyCam, MapCam, e SamCam.

O PolyCam é um telescópio de 20 cm, responsável pelas imagens de luz visível durante a aproximação do asteroide, e imagens de alta resolução da superfície. O MapCam é responsável pela procura de satélites e plumas de liberação de gás, mapeando em quatro canais (azul, verde, vermelho, e infravermelho). Fornece o modelo da forma do asteroide, e imagens de alta resolução dos locais que são candidatos a amostragem. O SamCam faz o monitoramento contínuo da aquisição da amostra.

O espectrômetro de luz visível e IR OVIRS (Figura 3.11) procura por minerais e substâncias orgânicas na superfície do asteroide. Fornece dados espectrais com resolução de 20 m. Mapeia do azul ao infravermelho (400-4300 nm) com resolução

Figura 3.11 - Espectrômetro Visível e IR - OVIRS.



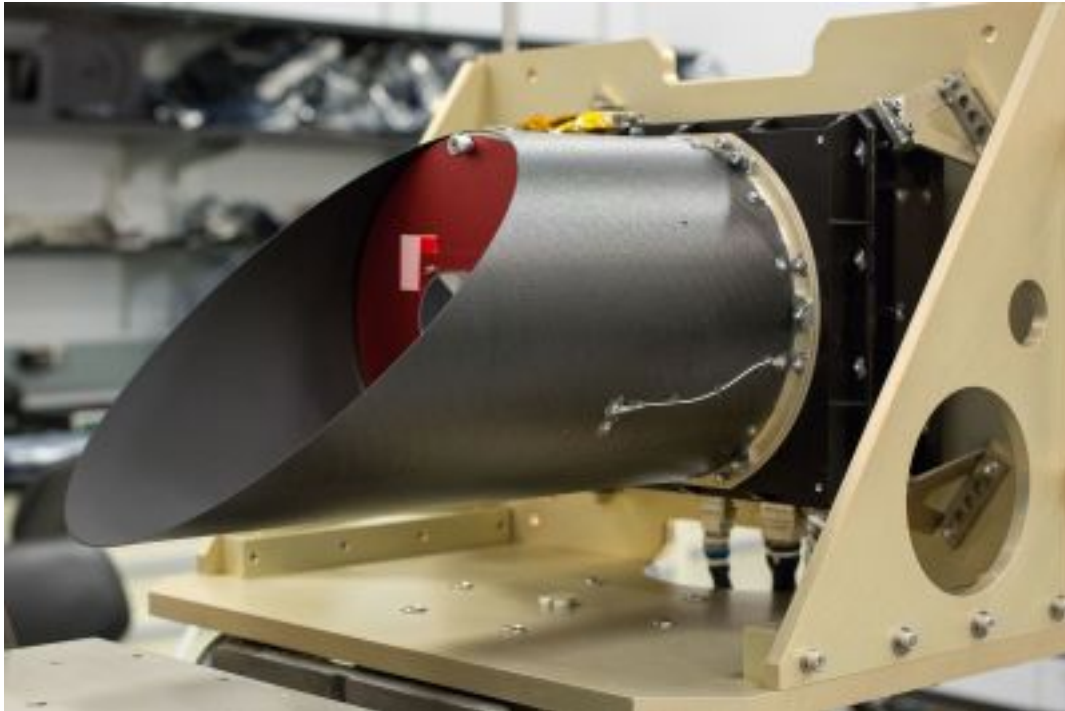
Fonte: Wikimedia.

espectral de 7,5-22 nm. Estes dados são usados em conjunto com os espectros OTES para orientar a seleção do local da amostra.

O espectrômetro de emissão térmica OTES (Figura 3.12) cria um mapa espectral de emissão térmica e fornece informações espectrais de locais de coleta de amostra, usando um canal de infravermelho térmico de 4-50 μm para mapear minerais e materiais orgânicos. Ele também é usado para medir a emissão térmica total do asteroide.

O espectrômetro de imagens de raios X REXIS (Figura 3.13) é responsável pelo mapa de espectroscopia de raios X do asteroide com a quantidade dos elementos presentes. É desenvolvido pelo MIT e pela Harvard e envolve mais de 100 alunos no desenvolvimento. É baseado em hardware e herança de voo, desta forma reduzindo os riscos técnicos, de cronograma, e de custo. Ele é um telescópio de raio-X entre 0,3-7,5 keV que fotografa emissões produzidas pela absorção de raios-X solares e

Figura 3.12 - Espectrômetro de Emissão Termal - OTES.



Fonte: Wikimedia.

elementos do vento solar no regolito do asteroide que levam a emissões locais de raios-X. Em novembro de 2019 pesquisadores envolvidos na missão descobriram, usando o REXIS, rajadas de raio-X de um buraco negro.

O altímetro a laser OLA (Figura 3.14) é responsável pelas informações topográficas de alta resolução. Ele cria mapas topográficos globais do asteroide, mapas dos locais de amostra, e analisa navegação e gravidade. Ele varre a superfície em intervalos específicos para mapear rapidamente toda superfície. Os dados coletados também servem para aprimorar os estudos gravitacionais do asteroide. Ele é constituído de um receptor e dos transmissores complementares que aumentam a resolução das informações coletadas. O transmissor a laser de alta energia é usado no mapeamento de 1 a 7,5 km de distância. O de baixa energia é usado de 0,5 a 1 km. Os pulsos de laser são direcionados para um espelho de varredura móvel, que é co-alinhado com o telescópio receptor, limitando os efeitos da radiação solar de fundo. Cada pulso fornece as informações: intervalo de destino, azimuth, elevação, intensidade recebida, e um marcador de tempo. Foi construído no Canadá.

O sistema de retorno de amostra, denominado *Touch-And-Go Sample Acquisition*

Figura 3.13 - Espectrômetro de imagens de raios X - REXIS.



Fonte: Nasa.

Mechanism TAGSAM (Figura 3.15) é um braço articulado contendo uma cabeça coletora de amostra. Ele tem uma fonte de nitrogênio para disparar contra a superfície e obter as amostras. O braço é responsável por coletar a amostra e colocá-la na cápsula de retorno à Terra.

Figura 3.14 - Espectrômetro de imagens de raios X - REXIS.



Fonte: Nasa.

Figura 3.15 - Sistema de retorno de amostra - TAGSAM.



Fonte: Wikimedia.

4 COMENTÁRIOS FINAIS

Este trabalho procurou mostrar as principais características de duas missões espaciais, a NanosatC-Br1 e a OSIRIS-REx, a primeira uma missão do INPE e UFSM, e a segunda uma missão da Nasa.

O NanosatC-Br1 utiliza um satélite relativamente pequeno, em uma órbita baixa de cerca de 600 km de altitude para coletar informações do SAMA e EEJ, e a missão tem três objetivos nos campos da ciência, tecnologia, e academia.

O OSIRIS-Rex pesa cerca de 2 toneladas, tem dimensões aproximadas de um cubo de 2,5 m de lado, e é uma missão para coletar amostras do asteroide Bennu.

Este trabalho procurou mostrar os aspectos principais das missões, como descrições, funcionamentos, e equipamentos utilizados. Como sugestão de trabalhos futuros, os resultados obtidos até o momento das missões poderiam ser investigados e apresentados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURGER, E. E.; OTAVIO; SCHUCH, N. J.; LOPES, L.; RUBENS; NICOLINE. Interface lançador/cubesat para o projeto do nanosatc-br. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 23. (CRICTE)., 2009, Joinville - SC. **Anais...** 2009. Disponível em: <<http://www2.joinville.udesc.br/~cricte/>>. Acesso em: 10 dez. 2020. 3

CALPOLY, C. P. S. U. **CubeSat Design Specification**. 2009. Disponível em: <http://www.cubesat.org/images/developers/cds_rev12.pdf>. Acesso em: 2020-11-22. 3

CONCEICAO, C.; AMBROSIO, A. M.; FRANCISCO, M. d. F. M. On the use of nanosatc-br test system for payload operational requirements verification. In: LATIN AMERICAN IAA CUBESAT WORKSHOP, 2., 28 Feb. - 02 Mar., Florianópolis, SC. [S.l.], 2016. Acesso em: 10 dez. 2020. 5

COUTO, A. P.; DURÃO, O. S. C.; SCHUCH, N. J. Desenvolvimento de um modelo de engenharia cad 3d para cubesats. In: SANTOS, R. D. C. D.; MATTOS, A. F. D. S. D.; MELLO, C. B.; QUEIROZ, G. R. D.; VASCONCELOS, L. G. D.; VIEIRA, L. E. A.; FORTI, M. C.; GATTO, R. C. (Ed.). **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2019. Bolsa PIBIC/INPE/CNPq. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGPDW34R/3U47EE2>>. Acesso em: 10 dez. 2020. 6

DURAO, O.; SCHUCH, N. J. **NanosatC-Br1 E 2 - INPE/CRS**. 2016. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/win/arquivos/OtavioCupertinoDuraonANOSATC-BR.pdf>>. Acesso em: 2020-11-22. 5, 6, 8

EOPORTAL. **OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, and Security—Regolith Explorer)**. 2020. Disponível em: <<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/o/osiris-rex>>. Acesso em: 2020-12-12. 11, 14

ESA. **Building and testing spacecraft**. 2020. Disponível em: <https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Building_and_testing_spacecraft>. Acesso em: 2020-11-10. 3

GRAHAM, W. **Russian Dnepr rocket lofts record haul of 37 satellites**. 2014. Disponível em: <<https://www.nasaspaceflight.com/2014/06/russian-dnepr-rocket-record-launch-37-satellites/>>. Acesso em: 2020-11-23. 3

INPE. **NanosatC-Br1 - Missao**. 2018. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/nanosat/missao/nanosatc_br1.php>. Acesso em: 2020-11-26. 5

_____. **NanosatC-Br1 - O primeiro Cubesat nacional e o segundo nanossatelite brasileiro.** 2020. Disponível em:
<<http://www.inpe.br/crs/nanosat/>>. Acesso em: 2020-11-26. 3, 4

LAURETTA, D. **OSIRIS-REx : Sample Return from Asteroid.** 2017. Disponível em: <[https://www.semanticscholar.org/paper/OSIRIS-REx-%3A-Sample-Return-from-Asteroid-\(-101955-\)-Bennu-Lauretta/c45e02919f52ca1520fa80a2923e5fda4f3f844f](https://www.semanticscholar.org/paper/OSIRIS-REx-%3A-Sample-Return-from-Asteroid-(-101955-)-Bennu-Lauretta/c45e02919f52ca1520fa80a2923e5fda4f3f844f)>. Acesso em: 2020-11-28. 11

NASA. **Mission OSIRIS-REx.** 2020. Disponível em:
<<https://www.nasa.gov/osiris-rex>>. Acesso em: 2020-11-28. 9, 17

SOUZA, P. N. de. **Aspectos do Processo de Desenvolvimento de Satelites Artificiais.** 2020. Disponível em: <http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/08.22.14.06/doc/270_AspectosdoProcessodeDesenvolvimentodeSatélitesArtificiais_P2.9_v1_2002.pdf>. Acesso em: 2020-11-26. 3

UFSM. **Primeiro satellite santa-mariense lançado e 100% operacional.** 2014. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/midia/?p=17529>>. Acesso em: 2020-11-22. 3

WIKIPEDIA. **Earth trojan - asteroid that orbits the Sun in the vicinity of the Earth?Sun Lagrangian points L4.** 2020. Disponível em:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Earth_trojan>. Acesso em: 2020-11-28. 10

_____. **OSIRIS-REx - a NASA asteroid-study and sample-return mission.** 2020. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/OSIRIS-REx>>. Acesso em: 2020-11-28. 10

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programas de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a sequência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. Aceitam-se tanto programas fonte quanto os executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.