

Complemento do LIVRO

“Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação”

O tópico a seguir discorre sobre satélites. Esse assunto tem como objetivo complementar do livro supra citado. Assim espero que esta revisão venha preencher a lacuna sobre satélites, que ficou faltando no livro.

O autor

SATÉLITES:

Conceito, classificação e Objetivos

MAURICIO ALVES MOREIRA

**Pequisador Titular
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

INTRODUÇÃO

A tecnologia de satélite teve seu grande impulso a partir do momento em que o homem conseguiu vencer a barreira do espaço.

Vencer a barreira do espaço era um sonho antigo do homem. Muitas figuras se destacaram na história, dentre eles Jules Verne (1828-1905), com suas histórias de ficção científica que na época parecia impossível, com “viagem ao centro da Terra”, “vinte mil léguas submarinas”. Na novela *"Os quinhentos milhões da Begun"*, Jules Verne descreve um satélite artificial lançado por um canhão, como já havia sido sugerido por Newton em um de seus livros. Mais tarde, no ano de 1919, O americano Robert H. Goddard, desenvolveu as bases da teoria de foguetes propulsores construindo vários protótipos movidos com combustível líquido.

Na literatura consta que as primeiras experiências com foguetes datam de 1935, realizadas pelos alemães e norte-americanos e vinculadas à pesquisa de armas bélicas. Entre os anos de 1935 a 1945, foram desenvolvidas as bombas V1 e V2 pelo alemão Wernher von Braun onde os princípios básicos dos foguetes lançadores foram postos em prática, infelizmente, para a destruição.

Depois que o satélite russo Sputnik foi lançado ao espaço, a corrida espacial se acelerou, evidentemente com o pioneirismo dos soviéticos.

Hoje em dia, há tantos satélites em órbitas da Terra ou de outros planetas que fica difícil descrevê-los sem categorizá-los em função para os quais foram concebidos.

Dentro deste ponto de vista, foi feita uma revisão sobre satélites classificando-os, segundo sua função principal. Evidentemente que o assunto não foi esgotado e nem era essa a pretensão do autor. O principal objetivo nesta publicação foi categorizar os satélites de acordo com o objetivo principal ao qual ele foi desenvolvido. Assim, espera-se que esta publicação possa servir para o esclarecimento sobre satélites.

Algumas categorias, como os satélites militares, o assunto foi muito restrito, uma vez que há pouco interesse para o sensoriamento remoto e aplicações. Neste caso, procurou mostrar que alguns satélites militares são, hoje em dia, utilizados na área civil, como é o caso do “Global Position Satellites”.

1. CONCEITOS

A palavra satélite é de origem latina, derivada de *satelles* ou *satellit*. Na literatura portuguesa essa palavra é empregada para expressar:

1. Corpo que gravita em torno de um astro de massa preponderante (*dominante*), em particular ao redor de um planeta.
2. Denominação das pedras que acompanham o diamante (agulha, fava, feijão-preto, etc.).
3. Indivíduo que vive sob a dependência e proteção de outro (sentido figurado).
4. Indivíduo que é inteiramente devotado a outro, o acompanha em todos os momentos e com ele se acumplica na prática de boas e más ações (sentido figurado).
5. Guarda-costa.
6. Construções anexas a uma estação aeroportuária que serve para embarque e desembarque de viajantes e bagagens.
7. Cidades localizadas ao redor de metrópoles tais como: Diadema e Osasco (SP); Planaltina e Guará I e II (DF); Betim (BH), etc.
8. País que depende de outro no plano político e/ou econômico e
9. Pessoas que passam informações sigilosas sobre atos irregulares exercidos por outrem.
10. Engenhos construídos pelo homem que giram em torno da Terra ou de outros planetas e/ou satélites naturais.

Embora a palavra satélite possa ser empregada para vários significados, nessa revisão o seu emprego foi para caracterizar corpos celestes e engenhos produzidos pelo homem.

2. CLASSIFICAÇÃO

Os satélites podem ser classificados em duas categorias: os naturais e os artificiais.

Os satélites naturais, são corpos celestes que orbitam um outro astro de massa maior. Como exemplo, temos a Lua, satélite da Terra, as luas de Netuno, Phobos e Demos de Marte, etc.

Os satélites artificiais, são engenhos desenvolvidos pelo homem, que giram em torno de planetas (dentre eles a Terra) ou até mesmo de um satélite natural.

O desenvolvimento de satélites artificiais teve início na década de 50, ou seja, a partir da segunda metade do século XX, quando no ano de 1957, a imprensa de todo mundo anunciava que os Estados Unidos e a União Soviética iriam lançar os primeiros satélites artificiais. Era o ano Geofísico Internacional.

O primeiro satélite artificial da Terra, o SPUTINIK I foi lançado no dia 4 de outubro de 1957, pela antiga União Soviética (URSS). Em fevereiro de 1958, os Estados Unidos colocou em órbita da Terra o EXPLORER I.

Logo após o sucesso dessas experiências, imediatamente, o homem colocou satélites artificiais em órbitas de quatro outros astros do sistema solar: O próprio Sol (primeiro engenho satelizado: Luna I, em 1959); a Lua (Luna X, em 1966); Marte (Marine IX, em 1971) e Vênus (Venua IX, em 1975).

A trajetória do satélite em torno do astro, quer seja natural ou artificial, é denominada de órbita. No caso dos satélites artificiais (Figura 1), a órbita é definida em função de diversos parâmetros, entre eles têm-se:

- Raio de inclinação.
- Inclinação do plano da órbita
- Período de revolução, etc.

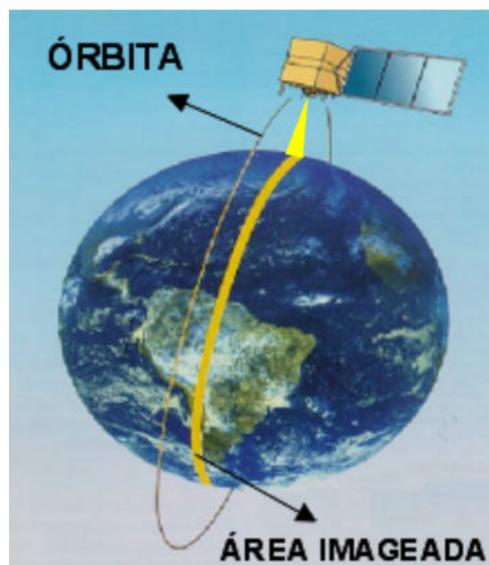


Fig. 1 – Esquema mostrando um satélite em órbita da Terra e a área imageada pelos sensores a bordo.

O número de revoluções diárias, isto é, quantas vezes o satélite gira em torno da Terra em um (1) dia é importante porque define a altitude que o satélite deverá ser colocado em órbita. Por exemplo, a órbita de 35.800 a 36.000 Km de altitude desempenha um papel particular. Todos os satélites colocados a esta altitude gastam, para dar uma volta em torno da Terra, 23h 56 min., que é igual ao período de rotação da Terra. Neste caso, a órbita é denominada geossíncrona. Se o plano da órbita confundir com o do equador, o satélite parecerá imóvel a um observador terrestre, sendo então chamado de geoestacionário.

3. CATEGORIA

Nesta publicação os satélites artificiais são agrupados em categorias, de acordo com os objetivos principais a que foram concebidos. Dentro dessa concepção, existem os satélites militares, os científicos, os de comunicações, os meteorológicos e os de recursos naturais ou de observação da Terra.

3.1 – Satélites Militares

Na década de 50 foram lançados os primeiros satélites militares com o objetivo de efetuar o reconhecimento fotográfico do território inimigo. As duas grandes potências (Estados Unidos da América e a Antiga União Soviética) desenvolviam e testavam os foguetes ICBMs (Intercontinental Ballistical Missiles) capazes de carregar ogivas nucleares. Os norte-americanos ativaram seu projeto ultra-secreto KH-1, que contava com os satélites Discoverer (o Discoverer 1 foi lançado em 28 de fevereiro de 1959). Em 18 de agosto de 1960 o satélite Discoverer 14 subiu equipado com a primeira câmara fotográfica Corona. Em 11 de dezembro de 1961, os soviéticos tentaram lançar, sem sucesso, o satélite espião Zenit 1. No dia seguinte (12 de dezembro), os americanos lançaram o Discoverer 36, que já fazia parte do projeto KH-3.

Segundo consta na literatura, cerca de 75% dos satélites lançados a partir de 1957, tem finalidades militares. Como exemplo temos os satélites anti-satélites da ex-URSS e a Iniciativa de Defesa Estratégica (IDS), conhecido popularmente como “Guerra nas Estrelas” uma missão dos EUA.

Outro exemplo de satélite militar, muito utilizado hoje em dia pela sociedade civil, é o satélite de posicionamento global. Na realidade, consiste de uma constelação

de 24 satélites militares americanos que fornecem coordenadas acuradas de localização geográfica aos portadores de terminais manuais com antenas para captar o sinal dos satélites (*Global Positioning System –GPS*).

Os satélites militares são desenvolvidos com objetivo de telecomunicação, observação, alerta avançado, ajuda à navegação e reconhecimento. Em função do objetivo a que foi concebido, ele girará em órbita da Terra a uma determinada altitude. Assim, eles são categorizados em função da órbita em:

-Satélites de órbita baixa (180 a 1000 km de altura)

São satélites cujas órbitas são muito inclinadas ou quase polares (de 180 a 1000 km de altura). Nesta órbita tem-se os satélites de escuta, os de reconhecimento por radar e os de reconhecimento óptico.

Os americanos dispõem, para este fim, de satélites fotográficos, como o Big Bird que permitem identificar objetos com poucos centímetros (altíssima resolução espacial) e de satélites denominados Key Hole. Esses com uma varredura igual à da televisão, isto é, procedem à análise das zonas observadas e retransmitem as informações em tempo real.

- Satélites de órbitas Geoestacionária (36.000 km de altura)

Nesta órbita, os satélites militares são utilizados para fins de comunicação.

Além destas duas altitudes tem-se, também, uma terceira categoria de satélites que gira em torno da Terra em órbitas intermediária. São os chamados satélites de período de 12 horas. São satélites colocados em órbita a uma altitude de 20.000 km da Terra. Nesta órbita os satélites gastam 12 horas para dar uma volta em torno da Terra. Esta altitude é a utilizada pelos satélites de navegação que permitem às aeronaves e embarcações disporem de informações relativas a suas posições e velocidades. Os satélites de navegação operam na faixa de onda de rádio.

3.2 – Satélites Científicos

A principal razão para a exploração do espaço é obter mais conhecimento sobre a Terra, o sistema solar e o universo como um todo. O fato de o homem observar um fenômeno físico-químico na Terra ou descobrir um novo planeta ou ainda uma lua girando em torno de um planeta do sistema solar, já o satisfaz e aumenta a esperança de que um dia o universo seja entendido. Os satélites científicos, são assim chamados, porque eles foram desenvolvidos com o propósito de auxiliar o homem na busca dessas

informações. Desta forma, eles são concebidos dentro de dois pontos de vista: um voltado à coleta de dados sobre a Terra (atmosfera, oceano e parte sólida) e outro voltado a explorar o Universo (satélites interplanetários).

3.2.1 – Exploração do universo

A idéia de colocar equipamentos a bordo de satélite para fins de explorar o universo, decorre do fato de que a atmosfera terrestre detém, parcial ou totalmente a maior parte das radiações celestes. A partir do solo, existem apenas duas “janelas” de observação de astros na constelação celeste: uma que vai do ultravioleta próximo até o infravermelho próximo e outra que corresponde às ondas de rádio de aproximadamente 1 mm a 20 m de comprimento de onda. Assim, quando os sensores são colocados fora da camada atmosférica (livre da influência da atmosfera terrestre), são capazes de registrar radiações de todo o espectro eletromagnético.

No campo de exploração cósmica, o primeiro satélite lançado ao espaço foi o Explorer 1, pelos EUA. No ano seguinte (1959), os soviéticos lançaram o Projeto Lunik (ou luna), com o lançamento da primeira sonda espacial a Lunik 1, para explorar a Lua. Em setembro a Lunik 2 atinge a superfície da Lua e, em outubro são feitas as primeiras fotos da face oculta do satélite, pela Lunik 3.

Em 1962, os EUA lançaram a Marine 2, primeira sonda norte-americana a sobrevoar Vênus e a enviar as primeiras informações sobre a superfície do Planeta. Em 1964 a sonda Marine 4 é lançada e entra em órbita marciana em 1985, tirando as primeiras fotografias de Marte.

O estudo sistemático do Céu, utilizando radiações no ultravioleta, teve início no ano de 1968, pelo satélite OAO2, lançado pelos EUA. A primeira cartografia completa do Céu foi realizada pelo satélite IRAS, no ano de 1983, utilizando sensores no infravermelho. Este satélite foi lançado pelos Países Baixos.

Em 1972 os EUA lançaram as sondas Viking 1 e 2, as primeiras a pousar suavemente em Marte e a cartografar o planeta e seus satélites.

Em 1977 os EUA lançam as sondas Voyager 1 e 2, programadas para estudar dois planetas gigantes, Júpiter e Saturno e seus planetas. Na missão Voyager foram também estudados os planetas Urano e Netuno. No ano de 1989 os americanos lançaram o satélite Galileu para estudar o Planeta Júpiter e as luas Europa e Callisto.

Na exploração de fenômenos relacionados ao Universo há também satélites que são colocados em órbitas da Terra, como é o caso do ASTRO – C, lançado pelos japoneses no ano de 1987. Esse satélite gira em órbita quase circular em torno da Terra a uma altitude que varia de 504 km a 675 km. Esse satélite foi desenvolvido com o objetivo de observar emissão de Raios-X do núcleo das galáxias. Ainda neste contexto, pode-se também citar o satélite **Hubble**, um satélite-telescópio que gira em Torno da Terra, porém coleta dados do Universo.

Graças a estas missões espaciais, o homem pôde descobrir muitos enigmas do Universo e do sistema solar.

3.2.2 - Satélites voltados à coleta de dados sobre a Terra e o ambiente

Os satélites empregados para coleta de dados sobre fenômenos físicos, químicos, biológicos da superfície da Terra e da atmosfera, geralmente são de órbita baixa (poucas centenas de quilômetros de altitude). A título de exemplo, no ano de 1984 os japoneses lançaram ao espaço o satélite EXOS – C, girando em torno da Terra a uma altitude de 365 km no periélio e 865 km no apogeu, com o objetivo de monitorar sons de menor contribuição na média atmosfera e estudar a interação das partículas magnéticas do plasma ionosférico sobre anomalias brasileira e zona de aurora.

Às vezes, um satélite é desenvolvido para um outro objetivo, porém pode servir para fins científicos, como é o caso do satélite NOAA que é meteorológico, mas que possui um dispositivo a bordo, o Argos que recebe informações de sensores colocados em bóias marítimas e retransmite essas informações para estações terrenas.

Outro exemplo é o caso do satélite japonês HIMAWARI –3 (GMS-3), lançado em 1984. O GMS-3 é um satélite meteorológico mas que serve também para monitorar partículas solar.

Com relação à coleta de dados sobre o Planeta Terra, o programa mais ambicioso que existe no momento é, sem dúvida, o “Programa lançado pela NASA (National Aerospace and Administration), chamado de **EARTH SCIENCE ENTERPRISE**, para estudar fenômenos físicos, químicos e biológicos do Planeta Terra e da atmosfera.

O Earth Science Enterprise é composto de três segmentos: a) uma série de satélites de observação da Terra; b) um avançado sistema de banco de dados e c) uma equipe de cientistas os quais estudará os dados. As áreas de estudo chaves incluem:

nuvens, ciclo da água e energia; oceanos; química da atmosfera; uso da terra; processo da água e ecossistema; cobertura de gelo glacial e polar e a parte sólida da Terra.

Para atender os objetivos desse programa a NASA lançou em 18 de dezembro de 1999 o primeiro satélite de observação da Terra, o EOS-AM Spacecraft (Figura 2).

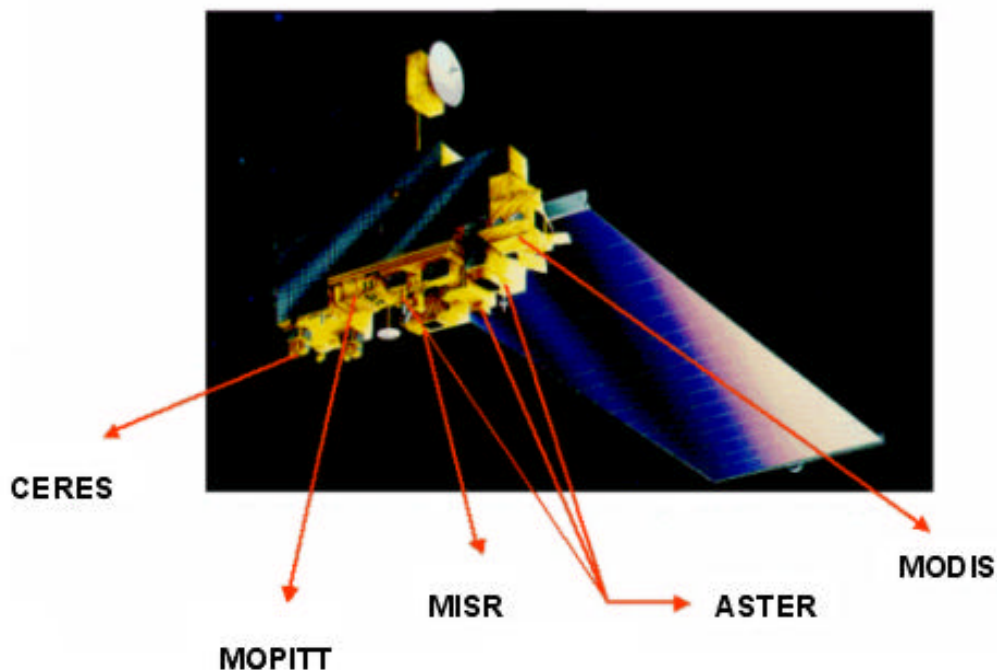


Figura 2 – Satélite EOS AM

FONTE: NASA (1992)

O satélite EOS AM possui órbita polar, sol-síncrona, cruza o equador às 10h e 30 min e carrega a bordo vários sensores: o CERES, o MOPITT, o MISR, o MODIS e o ASTER que tem às seguintes funções:

a) **Sensor CERES**

- Medir a energia radiante emitida e refletida da superfície da Terra e da atmosfera.

- Medir o fluxo radiante (radiação que chega) no topo da atmosfera para monitorar o balanço de energia da Terra.

b) **Sensor MOPITT** (Scanner de varredura transversal)

-Medir a poluição atmosférica. Neste contexto o sensor medirá a concentração de monóxido de carbono e metano, para entender como estes gases interagem com a superfície da Terra, oceanos e sistema de biomassa.

Sabe-se que o aumento rapidamente da concentração de metano na atmosfera é devido à atividade humana.

Por outro lado, o monóxido de carbono é um importante indicador dos efeitos das atividades humana sobre a química da atmosfera.

c) **Sensor MISR** (Multi-Angle Imaging Spectro Radiometer)

- Realizar o mapeamento da vegetação, áreas desertas e cobertas de gelo.
- Coleta de dados sobre nuvens e aerossóis atmosférico.

d) **Sensor MODIS** (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

É um radiômetro imageador composto por um scanner óptico de varredura transversal e um conjunto de elementos detetores individuais para fornecer imagens da superfície terrestre em 36 bandas espectrais. Com as seguintes características, conforme é mostrado na Tabela 1 (MODIS, 1992).

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DO SENSOR MODIS

CARACTERÍSTICAS *	
Resolução espectral	10 nm $\Delta\lambda$ 500 nm
Faixa espectral	407 nm – 14385 nm
Cobertura espacial	2330 km largura da faixa
Resolução espacial	250m; 500m; 1000m no nadir

O MODIS tem como objetivo fornecer dados:

- De temperatura da Terra e do oceano com 1 km de resolução espacial para o monitoramento de mudanças na temperatura e fornecer dados para modelagem climática.

- Determinar a cor do oceano para monitorar mudanças na produtividade primária biológica.
- Imagens da vegetação e uso da terra com resolução espacial de 250 a 1000m, cujo objetivo é monitorar mudanças de cobertura da Terra, condições e produtividade.
- Cobertura de nuvem.

e) Sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer).

O ASTER opera no visível, infravermelho próximo, infravermelho termal e infravermelho de ondas curtas. Fornece dados simultâneos da superfície da Terra no visível e infravermelho termal, com resolução de 15 e 90m respectivamente. Essas imagens são utilizadas para estudo da vegetação, temperatura, tipos de rochas e vulcões.

Além disso, os dados são utilizados para:

- estudo da topografia da Terra.
- Altura de nuvens.
- Propriedades e cobertura de nuvens.

No Brasil foi criado o Projeto de Satélites de Aplicações Científicas, denominados SACIs, concebido pelo INPE, a quem cabe a responsabilidade pelo seu desenvolvimento, fabricação e teste (Figura 3).

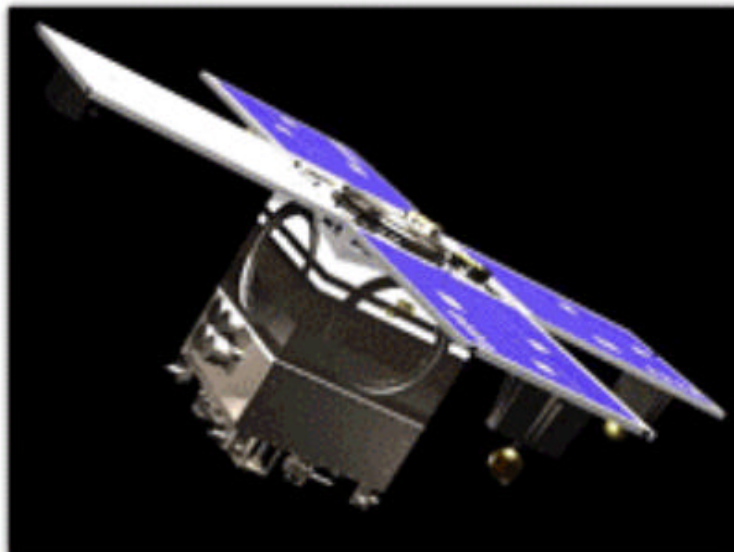


Fig. 3 – Satélite SACI – 1.

FONTE: <http://www.cnpm.embrapa.br/satelite/saci.html>

O SACI é composto por uma plataforma multimissão e por um conjunto de experimentos que constitui a carga útil. Esses satélites contam com a cooperação de diversas instituições brasileiras e estrangeiras.

Os satélites SACIs são de pequeno porte e baixo custo, utilizados para missões de curta duração, que oferecem à comunidade acadêmica a oportunidade de realizar em ambiente orbital, experimentos científicos. Os objetivos do projeto SACI foram:

- Promover o avanço da Ciência utilizando os meios espaciais a um custo moderado;
- Testar novos conceitos e soluções tecnológicas sob condição de risco limitado;
- Fortalecer e aumentar a contingente cooperação científica e tecnológica, nacional e internacional, intensificando a cooperação em ambiente propício ao intercâmbio de informações científicas e tecnológicas;
- Intensificar o entrosamento entre os Institutos de Pesquisa e as Universidades, envolvendo novos grupos universitários nas atividades espaciais brasileiras;
- Difundir nas Universidades e Institutos de Pesquisa brasileiros, a engenharia e tecnologia espacial através do desenvolvimento de seus equipamentos, partes e materiais, bem como acionar os seus mecanismos de transferência de tecnologia para a Indústria;

Consolidar a tecnologia já gerada no Brasil na área espacial, através do uso continuado, dirigindo-a para a minimização dos custos.

O satélite científico SACI-1 possui as seguintes características:

- Massa Total: 60 kg

Dimensões: 570 x 440 x 440 mm

- Estabilização por rotação: 6 rpm
- Precisão: 1 grau
- Órbita: Circular Heliossíncrona
- Altitude: 750 km

Painéis Solares e suprimento de energia

- Células solares: Arseneto de Gálio (AsGa)
- Dimensões: 3 painéis de 570 x 440 mm
- Eficiência: 19%
- Potência gerada: 150W
- Células da Bateria de Níquel Cádmio (NiCd)
- Voltagem: 1,4V

- Capacidade: 4,5 Ah

Comunicação

- Taxa de telecomando: 19,2 kbps
- Taxa de transmissão: 500 kbps
- Antenas de bordo: 2 de transmissão e 2 de recepção, tipo Microstrip
- Frequência de operação telemetria/telecomando: 2,250 GHz/2,028 GHz
- Antena de recepção em Solo: 3,4 m de diâmetro.

Apesar do satélite ter sido colocado em órbita da Terra com sucesso, ele não chegou a entrar em operação devido a uma falha no sistema de controle do painel solar.

O segundo satélite da série, o SACI-2 foi abortado pelo presidente Fernando Henrique Cardoso.

3.3. Satélites de Telecomunicações

São satélites utilizados na transmissão mundial de informações telefônicas e televisivas. Os satélites de comunicações foram os primeiros e são hoje os mais sólidos em termos de uso comercial do espaço. Essa tecnologia gera mais de 3 bilhões de dólares anuais (NASA, nota técnica). Os satélites de comunicação podem ter acessos múltiplos, isto é, servir simultaneamente a diversas estações terrestres de localidades ou mesmo de países diferentes.

Em 10 de julho de 1962, 5 meses depois que John Glenn (o primeiro americano a orbitar em torno da Terra), uma malha de 170 satélites, denominados TELSTAR foi colocada no espaço em órbita da Terra, pela National Aeronautics and Space Administration (NASA). O TELSTAR 1, o primeiro satélite mundial construído e financiado por uma indústria privada, lançou uma revolução na telecomunicação, marcando assim, o início do comércio espacial. O TELSTAR foi designado e desenvolvido pelo Laboratório Telefônico AT&T's Bell para demonstrar o conceito de que um objeto orbitando a Terra poderia, ativamente, enviar sinais de um ponto da terra para outro.

Um ano mais tarde a NASA desenvolveu o satélite SYNCOM (1963-1964), pesquisa pioneira de satélites posicionados a uma distância onde o tempo gasto para dar uma volta na Terra era sincronizado com a rotação do Planeta (Geoestacionário). No ano de 1965 a Intelsat lançou o Early Bird (ou Intelsat 1). Esse território do espaço, conhecido como órbita geossíncrona ou cinturão de Clarke (em homenagem a Arthus

C. Clarke seu idealizador) tornou-se, mais tarde, congestionado de satélites de várias nações.

Os satélites geoestacionários possuem sensores que operam na região de microondas do espectro eletromagnético. Por operarem em comprimento de ondas suficientemente grande, esses satélites apresentam elevado grau de imunidade a fenômenos de refração, absorção e difração da radiação pela superfície terrestre, troposfera e ionosfera.

- **Refração:** ação ou efeito de refratar. Mudança de direção de uma onda eletromagnética ao passar de um meio para outro. Ex.: luz atravessando do ar para a água.

- **Absorção:** ato de absorver. Absorção da radiação pelos constituintes da superfície terrestre e da atmosfera. Ex.: radiações de comprimento de onda menor de 400 nm são fortemente absorvidas pela camada de ozônio na alta atmosfera.

- **Difração:** Quando a radiação, num determinado comprimento de onda, passa de um meio para outro muda de velocidade, resultando em mudanças de direção e movimento.

Por outro lado, a geoestacionalidade de um satélite não depende simplesmente do fato deste ter sido colocado inicialmente no cinturão de Clarke. Dependem de manobras da Terra, executadas pelas estações de telemetria, monitoramento e controle. Se um satélite fosse deixado sem controle, a sua órbita se tornaria excêntrica. Para manter um satélite sob controle, além da comunicação com ele estabelecida pelas estações terrenas, eles possuem pequenos foguetes para periódicos ajustes de suas órbitas, através do acionamento da Terra.

Diante disso, pode-se afirmar que a vida útil de um satélite não depende somente de equipamentos eletrônicos a bordo e sim, da reserva de combustível necessária para a sua subsistência em órbita, sob controle.

Além dos EUA outros países mantêm programas de satélites de telecomunicação: a URSS (programa **Molnia** e organização **Intersputinik**); o Canadá, a Índia; a Indonésia, a Arábia Saudita, países europeus (ESA); o Brasil (Brasilsat), etc. Todos esses programas são regulamentados pelos seus Países, dentro dos critérios estabelecidos pela União Internacional de Telecomunicações (UIT).

As telecomunicações compreendem o serviço fixo por satélite (ponto a ponto), entre estações fixas na Terra, a exceção do Inmarsat que introduziu o serviço móvel por satélite, com estações instaladas em navios, aviões e veículos terrestres.

Os sistemas móveis de comunicações pessoais por satélites (telefone celulares) são operados por satélites que giram em torno da Terra, em duas altitudes. Os de órbitas baixas (400 a 1500 km) e os de órbitas médias (10.000 a 20.000 km) acima da superfície da Terra. Esses satélites são de propriedade de empresas privadas porém regulamentados pelo Estado, nos marcos da UIT.

As principais diferenças entre os dois sistemas são:

- a) no serviço fixo de comunicações por satélites efetua-se entre estações, inclusive quando um deles é móvel.
- b) no serviço móvel de comunicações por satélites tem sempre, numa ponta, um aparelho pessoal, e, na outra ponta, pode ter outro aparelho pessoal ou uma estação.
- c) no serviço fixo de comunicações por satélite usa órbita geoestacionária e um ou alguns satélites.
- d) no serviço móvel de comunicações por satélites, produto do avanço tecnológico dos últimos dez anos, usa órbitas baixas e médias, e constelações de satélites, conforme são exemplificados na Tabela 2.

TABELA 2 – NÚMERO DE SATELITES EM CADA CONSTELAÇÃO

SISTEMA	No DE SATÉLITES	ÓRBITA (km)
Iridium	66	756
Globalsat	48	1400
Odyssey (TWR)	12	10.354
Ico (Inmarsat P)	12	10.354

Uma estação terrena de comunicações por satélites é um complexo de instalações e equipamentos destinados a estabelecer comunicações com satélites. Por exemplo, a estação terrena da Embratel, localizada no Município de Itaboraí, RJ. Esta estação foi longamente responsável pelas comunicações do Brasil com o mundo, através do Sistema Intersat e outros. Já a estação terrena de Guaratiba, RJ, da Embratel, é o centro de controle de posição orbital servindo ao sistema brasileiro de telecomunicações via-satélite – SBTS.

Um centro de controle de posição orbital é um conjunto de instalações, equipamentos e demais meios de telecomunicações destinados ao rastreamento, telemetria, controle e monitoramento de satélites de telecomunicações.

Para o estabelecimento de um enlace (Link) em visada direta entre uma estação da Terra e um satélite, utilizam-se frequências na faixa de microondas. A UIT (com sede em Genebra – Suíça) é quem coordena a distribuição de frequências para telecomunicações. Essa organização estabeleceu algumas faixas de frequências para serem utilizadas universalmente para as transmissões por satélites, com fins militares, comerciais e exploratórios do espaço. Aquelas frequências para fins comerciais são as utilizadas pela TV satélite. Neste caso temos as seguintes bandas ou faixas espectrais:

- a) BANDA L – 0,5 GHz a 1,5 GHz. Também referida a 950 – 1450 MHz, usada nas comunicações móveis e no transporte entre LNB e receptor/sintonizados.
- b) BANDA C – 4 GHz a 8 GHz. Dentro desta faixa os satélites usam, como padrão, duas sub-faixas localizadas entre 3,7 e 4,2 GHz, para o enlace de subida e 5,925 e 6,425 GHz, para o enlace de descida.
- c) BANDA Ku – 10,9 GHz – 17 GHz. Utilizada pelos satélites para os serviços DBS/DTH (Transmissão direta a residência/Direct-to-home).
- d) BANDA Ka – entre 18 e 31 GHz.

O sistema de transmissão direta à residência (DBS) serve aos objetivos da TV por assinatura e os satélites exploram as bandas Ku e Ka.

Na banda C opera por exemplo os satélites brasileiros Brasilsat B1 e B2. São satélites que tem suas antenas com faixas globais, hemisféricas e zonais. São de fluxos internacionais ou mesmo domésticos.

De acordo com o convencionado pela UIT, são três as regiões operacionais de cobertura pelos satélites de telecomunicações:

- REGIÃO 1 – compreende a África, a Europa, os países a leste da Europa até a Sibéria.
- REGIÃO 2 – Todas as três Américas
- REGIÃO 3 – Compreende a Índia, a Ásia e a Oceania.

Para cobrir a região do Oceano Atlântico (parte da região 2), a qual insere o Brasil, temos às seguintes empresas:

- Sistema *INTELSAT* – os satélites Intelsat resultam de um empreendimento internacional de cerca de 130 países que possuem ou operam mais de 30

satélites da série. É o mais abrangente sistema de comunicações comercial do mundo.

- Sistema **INTERSPUTINIK** – Russo, operando com satélites da série Gorizont, Raduga e outros. Destaca-se no front privado os satélites da série Panmsat.
- Na área governamental, tem-se diversos satélites domésticos, dentre os quais se destacam os da série Brasilsat, em operação o Brasilsat B1 e B2.

Com relação à região 2, na Tabela 3 são listados os satélites que cobrem a América do Sul, que são basicamente aqueles que servem a região do Oceano Atlântico, na qual insere o Brasil.

TABELA 3 – SATÉLITES DE TELECOMUNICAÇÕES QUE COBREM A AMERICA DO SUL.

SATÉLITE	SATÉLITES PANMSAT		
	STATUS	POSIÇÃO	
PAS – 1	operando	45° W	
PAS – 3	operando	43° W	
PAS – 5	início 1997	58° W	
PAS – 6	Início 1996	43° W	
SATÉLITES DA INTELSAT			
INTELSAT 706	operando	307° E	53° W
INTELSAT 705	operando	310° E	50° W
INTELSAT 502	operando	319,5° E	40,5° W
INTELSAT 603	operando	332,6° E	34,5° W
INTELSAT 506	operando	328,6° E	31,4° W
INTELSAT 601	operando	322,5° E	27,5° W
INTELSAT 605	operando	335,5° E	24,5° W
INTELSAT K	operando	338,5° E	21,5° W
INTELSAT 512	operando	338,7° E	21,3° W
INTELSAT VIII	operando	338,7° E	21,3° W
INTELSAT 515	operando	342,0° E	18,0° W
INTELSAT 709	operando	342,0° E	18,0° W
INTELSAT 707	operando	359,0° E	1,0° W
SATÉLITES BRASILSAT			
BRASILSAT A1	vendido	91,9° W	
BRASILSAT A2	operando	63,1° W	
BRASILSAT B1	operando	70,1° W	
BRASILSAT B2	operando	65° W	
BRASILSAT B3	final de 1997	-	
SATÉLITES FRANCESES			
TELECOM 2A	operando	8,0° w	
TELECOM 2B	operando	5,0° w	
OUTROS SATÉLITES			PROPRIETÁRIO
GORIZONT 26	operando	11° W	Rússia
COSMO 2291	operando	13,9° W	Rússia
COSMO 2054	operando	16,2° W	Rússia
COSMO 2209	operando	24,5° W	Rússia
GALAXY III –R	operando	95,0° W	Hunges/GLA

3.4. Satélites Meteorológicos

O primeiro satélite meteorológico colocado em órbita da Terra foi o TIROS 1, de origem americana e lançado a 1º de abril de 1960. Eles são equipados com radiômetros infravermelhos que lhes permitem operar mesmo sobre a face escura da Terra. Além da função de coletar dados meteorológicos, esses satélites são ainda

utilizados para comunicar, através de radielétrico, com uma série de plataformas (balões, bóias, balizas, etc) encarregadas de coletarem dados de parâmetros meteorológicos na alta atmosfera, no mar e em regiões continentais tais como: pressão atmosférica, temperatura, velocidade dos ventos, etc. Os dados registrados por essas plataformas são enviados ao satélite e retransmitidos para estações de recepção na Terra.

Após o lançamento do TIROS-1, muitos outros satélites foram colocados em órbita da Terra, em órbitas geoestacionárias ou em órbitas baixas (polar ou equatorial), formando verdadeiras constelações desses satélites, conforme é ilustrado na Figura 4.

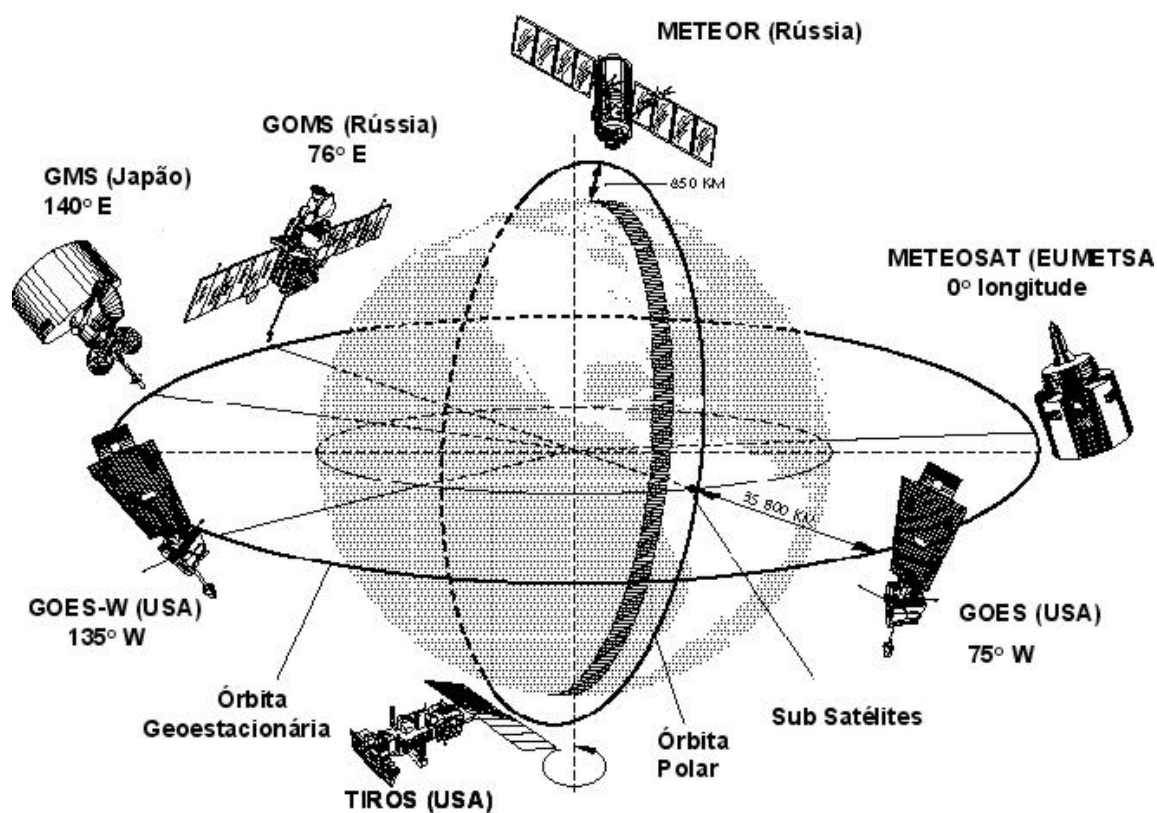


Figura 4 - Constelação de satélites Meteorológicos em torno da Terra.

FONTE: <http://www.labvis.unam.mx/labvis/Estacio.html>

Na categoria de satélites de órbitas baixas (polar ou equatorial) tem-se, por exemplo os satélites NOAA e QuikSCART (EUA); Meteor (Rússia) ; FY-1 (China), o Satélite de Coleta de Dados - SCD (Brasil), etc.

Na categoria de satélites geoestacionários podemos citar, como exemplo, os satélites GOES (EUA); Meteosat (EUMETSAT), GMS (Japão), FY-2B (China); GOMS (Rússia) e o INSAT (Índia), etc.

3.4.1 – Satélites de Órbita Polar

3.4.1.1 – Satélite NOAA

O programa de satélites NOAA é gerenciado pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), através do National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS) e pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) que é responsável pelo desenvolvimento do satélite.

Esse programa começou com a denominação de TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) e foi elaborado pela NASA e pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, na tentativa de desenvolver um sistema de satélites meteorológicos. Entre 1960 e 1965 foram lançados 10 satélites da série TIROS. Os dados coletados por este satélite, demonstraram sua habilidade, na aquisição de imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra ao redor da maior parte do planeta.

O grande impacto provocado por estas primeiras observações, levou à evolução de uma série de satélites que rotineiramente monitoram a atmosfera terrestre, os continentes e os oceanos. O último satélite desta série, o TIROS-10 foi lançado em julho de 1965 com o objetivo de observar tempestades tropicais.

A segunda geração de satélites meteorológicos polares começou com o lançamento do ITOS-1 (Improved TIROS Operational System) em 23 de janeiro de 1970. Este satélite carregava a bordo um radiômetro de varredura que permitia medidas diurnas e noturnas, com transmissão dos dados em tempo real e, ao mesmo tempo, armazenava dados para a posterior transmissão para estações terrenas. Este radiômetro, operava na faixa do infravermelho e observações globais da atmosfera e áreas superficiais estavam disponíveis a cada 12 horas.

Um segundo satélite ITOS foi lançado em 11 de dezembro de 1970, que passou a chamar-se NOAA-1, pelo motivo puramente administrativo, ou seja, o programa passou a ser de responsabilidade da "National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA".

Durante os anos de 1970 a 1975, foram colocados em órbitas os satélites de número 2 até o 5. Esses satélites resultaram da série ITOD-D, incorporaram novos avanços em termos de sensores. Carregavam a bordo novos sensores de concepções mais evoluídas, denominados VHRR e SR, capazes de gerar imagens de alta e média resolução espacial, e que substituíram os sensores anteriores.

O Very High Resolution Radiometer (VHRR), era um sensor de varredura de dois canais sensíveis à energia na faixa espectral de (0,6 – 0,7 μm) e no infravermelho termal (10,5–12,5 μm).

O Scanning Radiometer (SR), era um sensor de varredura de dois canais sensíveis à energia no espectro visível (0,5-0,7 μm) e na faixa do infravermelho termal (10,5-12,5 μm). Além desses sensores os satélites dispunham de mais dois sensores, o VTPR e o SPM.

O Vertical Temperature Profile Monitor (VTPR), era um sensor projetado para medir radiância do infravermelho em oito canais espectrais entre 11,0 e 19,0 μm . Esses dados podem ser usados para deduzir o perfil de temperatura atmosférico da coluna radiante.

O Solar Proton Monitor (SPM), que media o fluxo de partículas energéticas (prótons, elétrons, etc) em diferentes faixas.

No ano de 1978 teve início a terceira série de satélites, com o lançamento do TIROS-N, em outubro do mesmo ano. Os primeiros satélites desta série, TIROS-N e do NOAA-A a D, foram lançados entre 1978 e 1981 e carregavam a bordo os seguintes instrumentos:

- a) **Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)** que fornece imagens no visível e no infravermelho de dia e de noite. Constitui-se de um radiômetro multiespectral acoplado a um sistema de varredura transversal à trajetória do satélite que fornece imagens em vários canais no visível e no infravermelho, permitindo avaliações precisas do gelo, da massa d'água, das condições das nuvens e temperaturas da superfície do mar. Esse sensor apresenta uma resolução espacial no nadir de aproximadamente 1,1 km (Pixel = 1km x 1 km). O satélite orbita a Terra a uma altitude de 844 km.

Os dados do canal 1, obtidos na faixa do visível (0,58 a 0,68 μm) são empregados no mapeamento diurno de nuvens, gelo e neve. Os demais canais operam no infravermelho e são utilizados para:

- **Canal 2** (0,725 a 1,10 μm), delimitação de massa d'água, avaliação de vegetação e agricultura (combinado com o canal 1).
- **Canal 3** (3,55 a 3,93 μm), mapeamento noturno de nuvens, temperatura da superfície do mar, detecção de queimadas e atividades vulcânicas;

- **Canal 4** (10,3 a 11,3 μm), mapeamento diurno e noturno de nuvens, temperatura do mar, umidade do solo, atividades vulcânicas;

- **Canal 5** (11,5 a 12,5 μm) temperatura do mar e umidade do solo.

b) Tiros Operational Vertical Sounder (TOVS) que fornece dados de sondagem para obter o conteúdo de vapor d'água em três níveis da atmosfera, determinar perfis verticais de temperatura e avaliar o conteúdo total de ozônio, desde a superfície terrestre até a estratosfera. As medições do TOVS permitem fazer análises tridimensionais da atmosfera desde a superfície até o nível de 65,5 km. As temperaturas atmosféricas e umidades derivadas destes dados são introduzidas em modelos numéricos de previsão de tempo que indicam as possibilidades de ocorrerem tempestades com razoável antecedência.

c) Data Collection System (ARGOS/DCS) que coleta e retransmite dados ambientais de plataformas remotas, fixas e móveis, tais como bóias, balões, aviões, navios, etc.

d) Solar Environment Monitor (SEM) que realiza medições de partículas energéticas para previsão de distúrbios solares.

Os satélites mais recentes, NOAA-E a J, sofreram pequenas modificações com a finalidade de ampliar a capacidade dos instrumentos, tendo o seu comprimento de onda sido estendido em 0,5 mm para aumentar a potência do painel solar.

O NOAA-8 recebeu o sistema Search and Rescue (SARSAT) para auxiliar nas operações de busca e salvamento. O NOAA-9 e NOAA-10, receberam o Earth Radiation Budget Experiment (ERBE) com a finalidade de fazer um balanço da radiação terrestre, e o Solar Backscatter Ultraviolet (SBUV) cuja finalidade é monitorar a distribuição de ozônio na atmosfera.

Iniciando com o NOAA-K, o AVHRR sofreu mudanças em muitos canais. Canais 1 e 2 serão modificados para coletar dados no visível e no infravermelho próximo mais direcionados ao cálculo de índice de vegetação. O canal 3 será trocado por um canal ajustado para cenas diurnas e noturnas. O canal 3A permanecerá

inalterado no conteúdo espectral. O canal 3B terá melhoria na distinção da cobertura de nuvens, da cobertura de superfícies de gelo e neve.

A Tabela 4 contém algumas informações sobre o programa NOAA e nas Figuras 5 a 8 pode ser visto a configuração do satélite e algumas aplicações dos dados coletados pelos sensores a bordo.

TABELA 4- CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES DA MISSÃO NOAA

SATÉLITE	LANÇAMENTO	SITUAÇÃO	INCLINAÇÃO	SENSORES
NOAA 1	11/12/1970	INATIVO	101,3° W	
NOAA 2	15/10/1972	INATIVO	102°	
NOAA 3	06/11/1973	INATIVO	102,2°	
NOAA 4	15/11/1974	INATIVO	102°	
NOAA 5	29/07/1976	INATIVO	102,2°	
NOAA 6	27/06/1979	INATIVO	98,7°	
NOAA 7	29/05/1981	INATIVO	98,9°	
NOAA 8	28/03/1983	INATIVO	98,6°	
NOAA 9	12/12/1984	INATIVO	99,16°	
NOAA 10	17/09/1986	INATIVO	98,55°	
NOAA 11	24/09/1988	INATIVO	99,06°	
NOAA 12	14/05/1991	ATIVO	98,7°	AVHRR, HIRS/2, MSU
NOAA 13	09/08/1993	INATIVO	98,9°	
NOAA 14	30/12/1994	ATIVO	98,86°	AVHRR/2, HIRS/2 MSU
NOAA 15	13/05/1998	ATIVO	98,8°	AVHRR/3 AMSU-A AMSU-B HIRS/3 SBUV/2 OCI

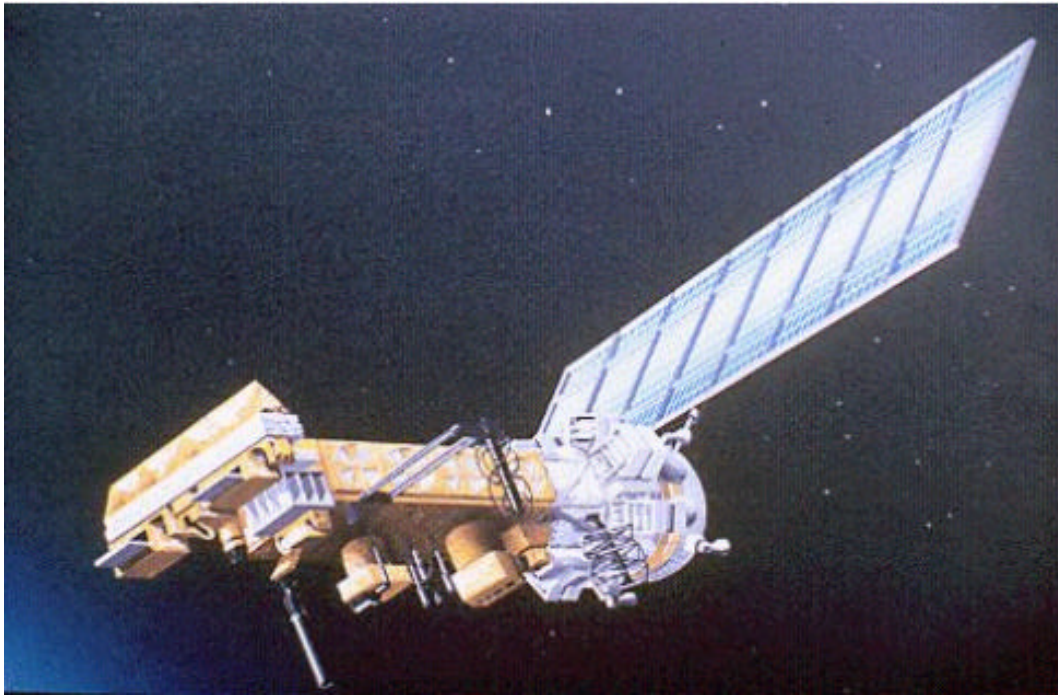


Fig. 5 – Satélite NOAA.

FONTE: <http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

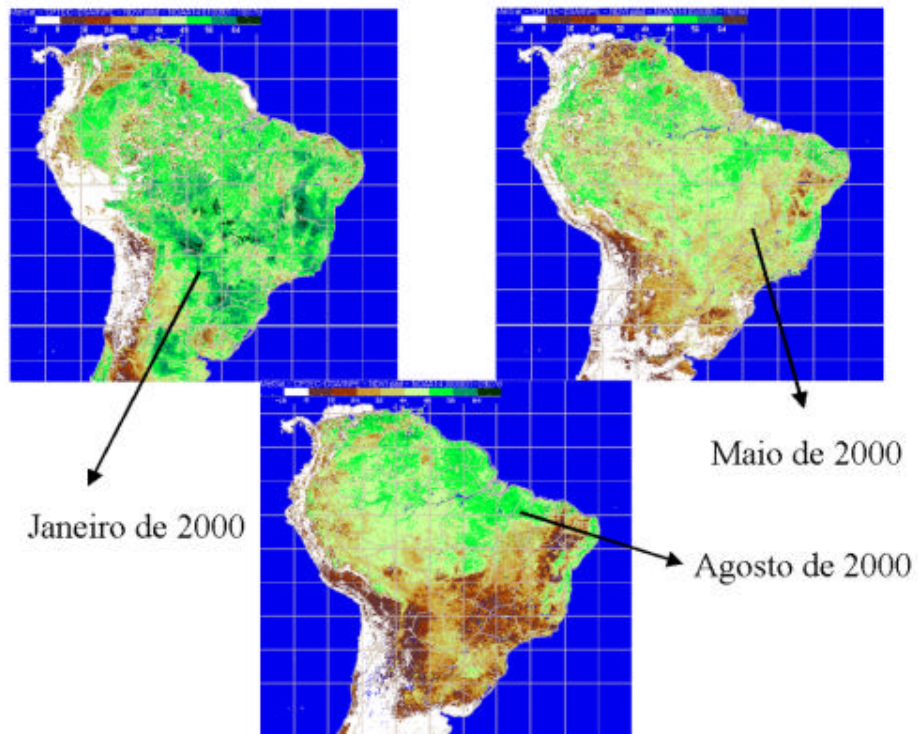


Fig. 6– Mapas do índice de vegetação obtido através de dados do NOAA, para o território brasileiro em janeiro, maio, agosto de 2000.

FONTE: <http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

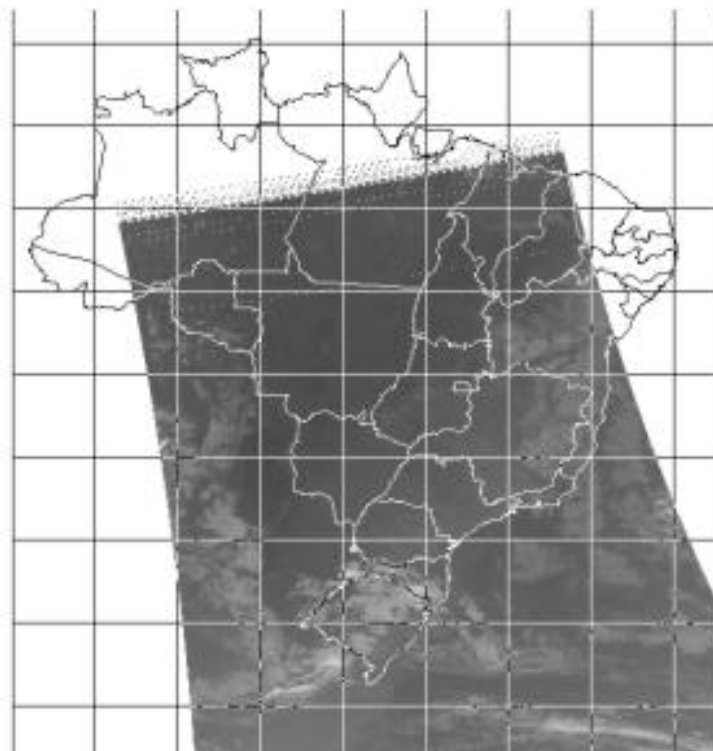


Fig. 7 – Mosaico do Brasil para mostrar a incidência de nuvem do dia 09/08/2000, obtido na banda 4 do satélite NOAA –14.

FONTE: <http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

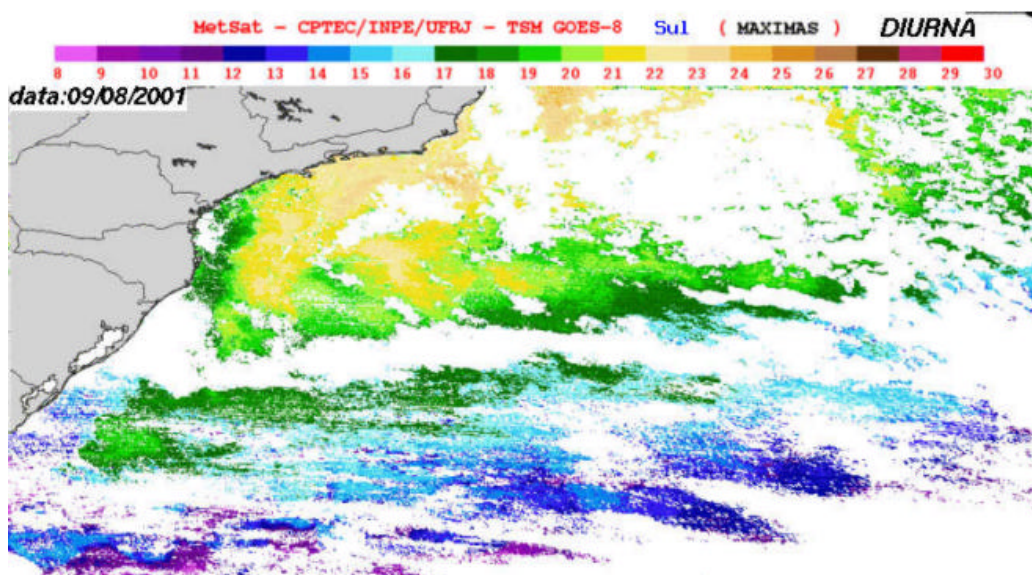


Fig 8 – Mosaico de temperatura do oceano Atlântico obtido através de imagens do NOAA e do GOES para o dia 09/08/2001 as 18:00 horas.

FONTE: <http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

3.4.1.2 – Satélite METEOR-3

O Meteor-3 corresponde a uma série de satélites meteorológicos russos, cuja função é coletar dados para o monitoramento global do ambiente, ele também possibilita a aquisição de dados hidrometeorológicos. A órbita do satélite é quase polar com inclinação de $82,5^\circ$ do equador. O satélite orbita a Terra a uma altitude aproximada de 1200 km (Figura 9).

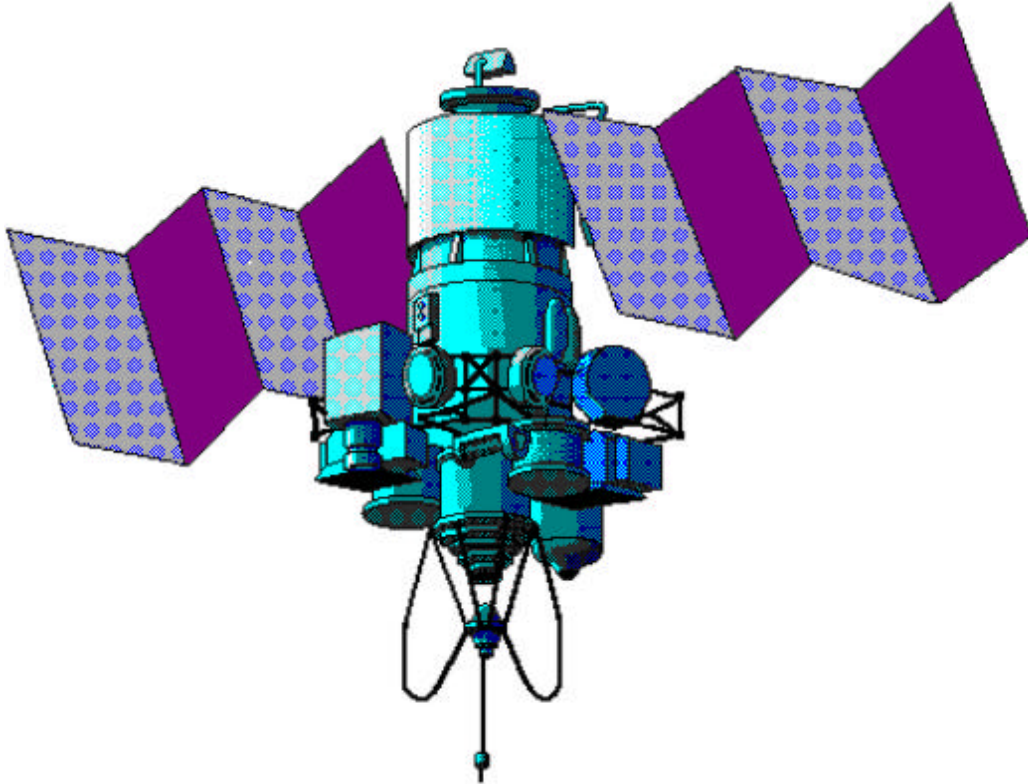


Fig.9 – Satélite Meteor-3

O satélite carrega a bordo os seguintes equipamentos:

- Um sensor de TV com um sistema de gravação a bordo, utilizado para cobertura global. Opera na faixa espectral de $0,5$ a $0,8 \mu\text{m}$. Possui resolução espacial de $0,7 \times 1,4 \text{ km}$, com uma faixa de imageamento de 3.100 km de largura.
- Um Scanner de TV para transmissão automática de dados. Opera na faixa espectral de $0,5$ a $0,8 \mu\text{m}$, com resolução espacial de $1 \text{ km} \times 2 \text{ km}$, com faixa de imageamento de 2600 km .

- Um radiômetro infravermelho para cobertura global e transmissão direta de dados. Opera na faixa espectral de 10,5 a 12,5, com resolução espacial de 3 x 3 km e uma faixa imageada de 3100 km de largura.
- Um radiômetro infravermelho de 10 canais, operando na faixa espectral de 9,65 a 18,7 μm , com resolução espacial de 35 x 35 km.
- Um sistema de medida da radiação. Opera na faixa espectral entre 0,17 – 600 MeV.
- Um canal de rádio operando na faixa espectral entre 466,5 MHz para transmissão de dados para o centro de controle e em 137,850 MHz, para transmissão de dados para estações de aquisição local.

Dados coletados:

- Temperatura e umidade do ar
- Temperatura da superfície do mar
- Temperatura das nuvens.

Além da função meteorológica o Meteor-3 carrega a bordo sensores destinados à pesquisa, como por exemplo, o espectrômetro TOMS para mapeamento da distribuição do ozônio global. Já o Meteor-3 de número 8 carrega o SAGE-II produzido pela NASA para monitorar a distribuição de aerossóis, ozônio, vapor d'água e dióxido de carbono.

3.4.1.3 – Satélite QuikSCAT

O QuikSCAT é um satélite meteorológico americano, de órbita polar, desenvolvido e administrado pela NASA. O satélite foi lançado em 19 de junho de 1999, a uma órbita de 850 km de altura, com uma inclinação da órbita de 98,6° em relação ao plano equatorial. O satélite gasta 102 minutos para dar uma volta em torno da Terra, completando 14 órbitas diárias (Figura 10).

O QuikSCAT carrega a bordo um escaterrômetro, que é um radar de alta frequência das microondas (13,4 GHz). Esse satélite foi desenvolvido especificamente para medir a direção e velocidade dos ventos próximos a superfície dos oceanos. O

QuikSCAT cobre 90% da superfície da Terra em um dia. A resolução espacial do sensor é de 25 km x 25 km.

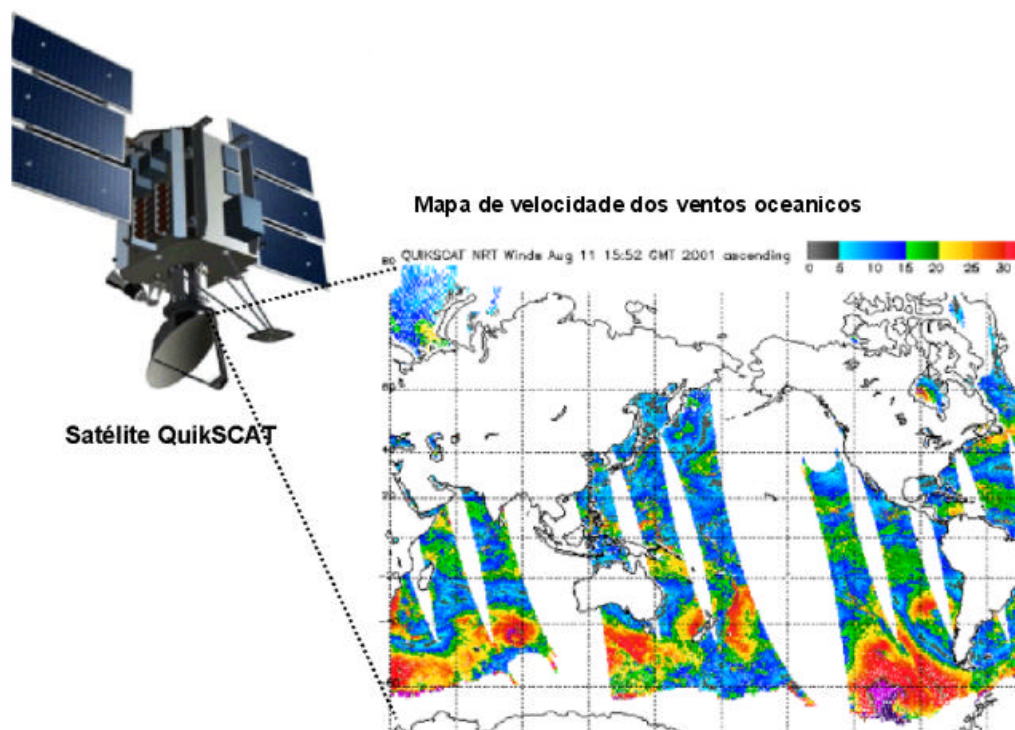


Fig. 10 – Satélite QuikSCAT e o mapa de velocidade dos ventos oceânicos.

3.4.1.4 – Satélite FY-1

O FY-1 é um satélite de órbita polar, operado pelo Centro Nacional de Meteorologia de Satélites da China (NNMC). O satélite orbita a Terra a uma altura de 870 km, com período de revolução de 100 minutos, perfazendo 14 órbitas por dia (Figura 11).



Fig. 11 – Satélite FY-1.

3.4.1.5 – Programa Brasileiro de Satélites de Coleta de Dados

Os Satélites de Coleta de Dados–SCDs - da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), foram idealizados em fins dos anos 70, tendo como um dos principais objetivos capacitar e habilitar o País a desenvolver sistemas espaciais. O primeiro satélite, o SCD-1, lançado em fevereiro de 1993, operou por mais de três anos além do previsto (Figura 12). Esse fato selou o êxito dos primeiros passos do Brasil na era espacial. O SCD-1 foi lançado com o objetivo de receber dados das PCDs (plataformas de Coleta de Dados) e retransmiti-las para a estação de rastreamento em Cuiabá que, através da rede de comunicação, os dados são transferidos para o Centro de Missão no INPE de Cachoeira Paulista, São Paulo. O Centro de Missão se encarrega de processar os dados e distribuí-los aos usuários.

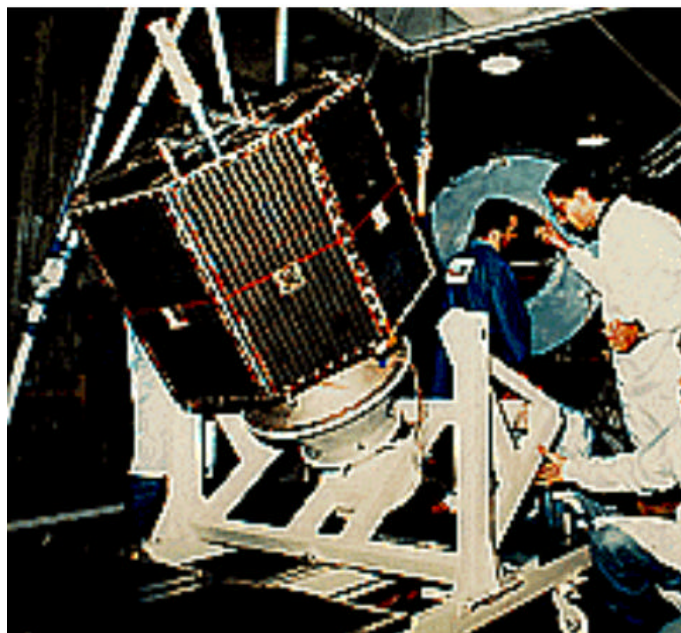


Fig. 12- Satélite SCD-1

FONTE:<http://www.inpe.br/programas/mecb/Port/fotos/satelite.htm>

O SCD1 tem capacidade de coletar dados de até 500 PCDs. Estas PCDs abrigam vários conjuntos de instrumentos tais como termômetros, pluviômetros (medidor de volume de chuvas), anemômetros (velocidade e direção dos ventos), e outros. Um dispositivo automático transmite ao SCD1 as informações coletadas, inclusive em locais remotos de difícil acesso como o interior da floresta amazônica. A região de cobertura da antena de Cuiabá abrange um círculo de cerca de 3000 km, limitado ao sul pelo paralelo 38. O SCD1 passa por Cuiabá cerca de 7 a 8 vezes ao dia, cumprindo sua missão de coleta de dados ambientais. Estes dados proporcionam aos pesquisadores possibilidades de estudos mais precisos nos campos da meteorologia, oceanografia e química da atmosfera, em função da maior frequência e regularidade das informações disponíveis. A vida útil em operação do SCD1 foi projetada para 01 ano, mas hoje estima-se que o satélite será utilizado por mais de 04 anos. O SCD1 foi o primeiro satélite da MECB (Missão Espacial Completa Brasileira), sendo que atualmente está em operação o satélite de Coleta de Dados 2 (SCD2). Para substituir o SCD2 está sendo construído SCD3, que dará continuidade à missão do SCD1, e os satélites de sensoriamento remoto 1 e 2, SSR1 e SSR2, para observação de recursos terrestres. Em 22 de outubro de 1998, foi colocado em órbita da Terra o SCD-2.. Os sinalizadores do SCD2 foram acionados e o PEGASUS liberado para vôo. Na Tabela 5

podem ser vistos algumas características dos dois primeiros satélites SCDs do programa brasileiro de satélites de coleta de dados.

TABELA 5 – ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES SCD-1 e 2.

	SCD-1	SCD-2
Tempo de visada???	1 ano com 75% de confiabilidade	2 anos, com 65% de confiabilidade
Índice de nacionalização	73%	85%
Carga útil	Computador de bordo Experimento Célula Solar	Roda de Reação e Experimento Célula Solar
Orientação do eixo de rotação	variável	Sempre perpendicular ao sol
Probabilidade de acesso ao satélite	90%	100%

3.4.2 – Satélites de Órbitas Geoestacionárias

3.4.2.1 - Satélite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite)

O projeto GOES é composto de dois satélites, o GOES-E e o GOES-W. Ambos orbitam a Terra a uma altitude de cerca de 35.800 km (Geoestacionários), situado a 75° W e 135° W. Na Figura 13 é mostrada a área do globo terrestre vista por estes dois satélites. Esses satélites são administrados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

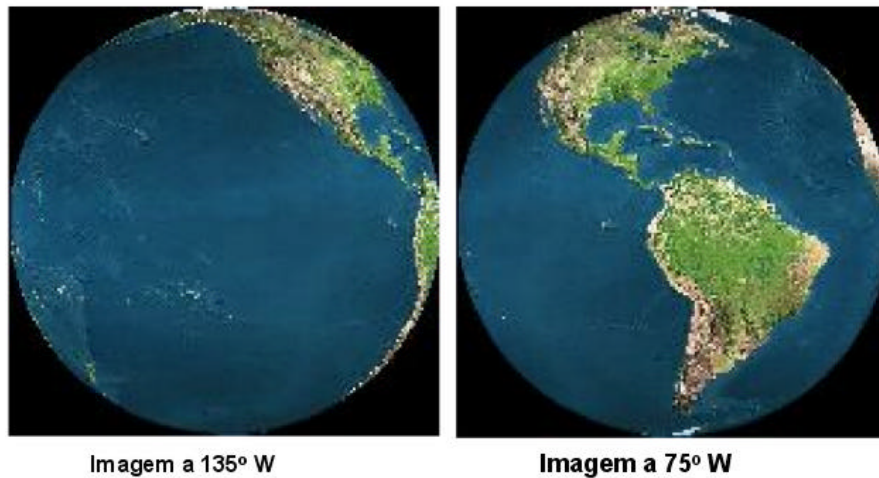


Fig. 13 – Imagens do globo terrestre obtidas pelo GOES para os ângulos de 75° W e 135° W.

Os satélites GOES registram imagens do globo a cada 30 minutos e dos Estados Unidos a cada 15 minutos. Estão equipados com um radiômetro que opera em cinco canais conforme é mostrado na Tabela 6.

TABELA 6 – CANAIS E FAIXAS ESPECTRAIS DE ATUAÇÃO DO GOES

BANDAS	FAIXAS ESPECTRAIS μm	REGIÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL (Km)
1	0,55 a 0,75	Visível	1
2	3,8 a 4,0	Infravermelho médio	4
3	10,2 a 11,2	Infravermelho termal	4
4	11,5 a 12,5	Infravermelho termal	4
5	6,5 a 7,0	Infravermelho médio	8

Os dados coletados pelos satélites GOES são distribuídos aos usuários pela National Environmental Satellite and Information Service (NESDIS).

3.4.2.3 - Satélite METOSAT

Os satélites da série Meteosat foram desenvolvidos pela Agência Espacial Européia (ESA). O primeiro satélite da série, o meteosat-1, foi lançado em órbita da Terra no ano de 1977, seguido de outros cinco satélites da série lançados nos anos de

1981, 1988, 1989, 1991 e 1993, compondo, assim, a primeira série dos satélites Meteosat.

Os dois primeiros satélites, Meteosat 1 e 2, foram desenvolvidos e administrados pela ESA. No ano de 1986 foi criada uma organização intergovernamental, a EUMETSAT, composta por 16 países da Europa. A partir dessa data a EUMETSAT passou a financiar e explorar um sistema europeu de satélites meteorológicos (ESA, s.d.).

Todos os satélites da série meteosat orbitam a Terra na região do equador, a zero (0°) grau de longitude, fornecendo informações do tempo sobre a Europa, a África e o meio oeste asiático. No ano 1991, o Meteosat – 3 foi deslocado para oeste passando a cobrir também, as Américas do Norte e Central.

Os satélites da série meteosat apresentam uma configuração cilíndrica, conforme pode ser visto na Figura 14.

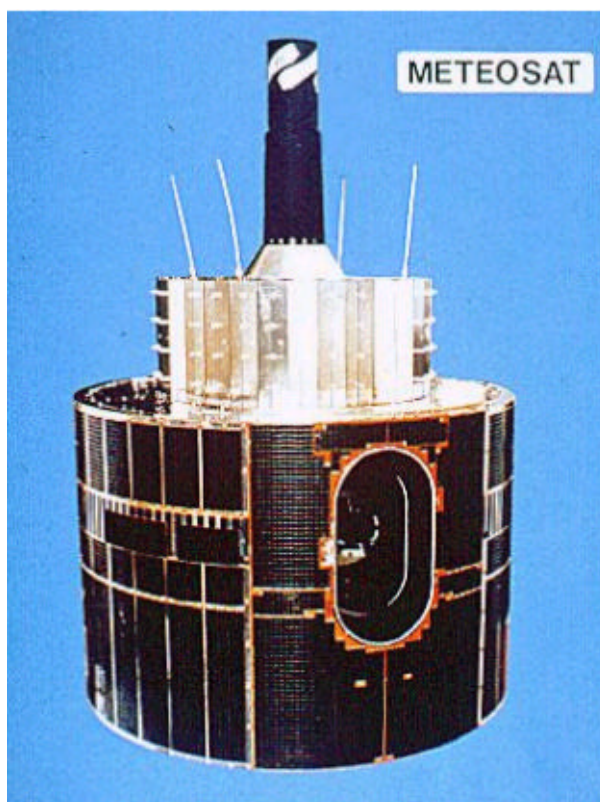


Fig. 14 – Satélite Meteosat

FONTE: <http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

O corpo principal do satélite (o cilindro) é coberto por células solares. Quase todos os subsistemas, incluindo o radiômetro que gera as imagens, estão localizados no interior do cilindro (Figura 15).

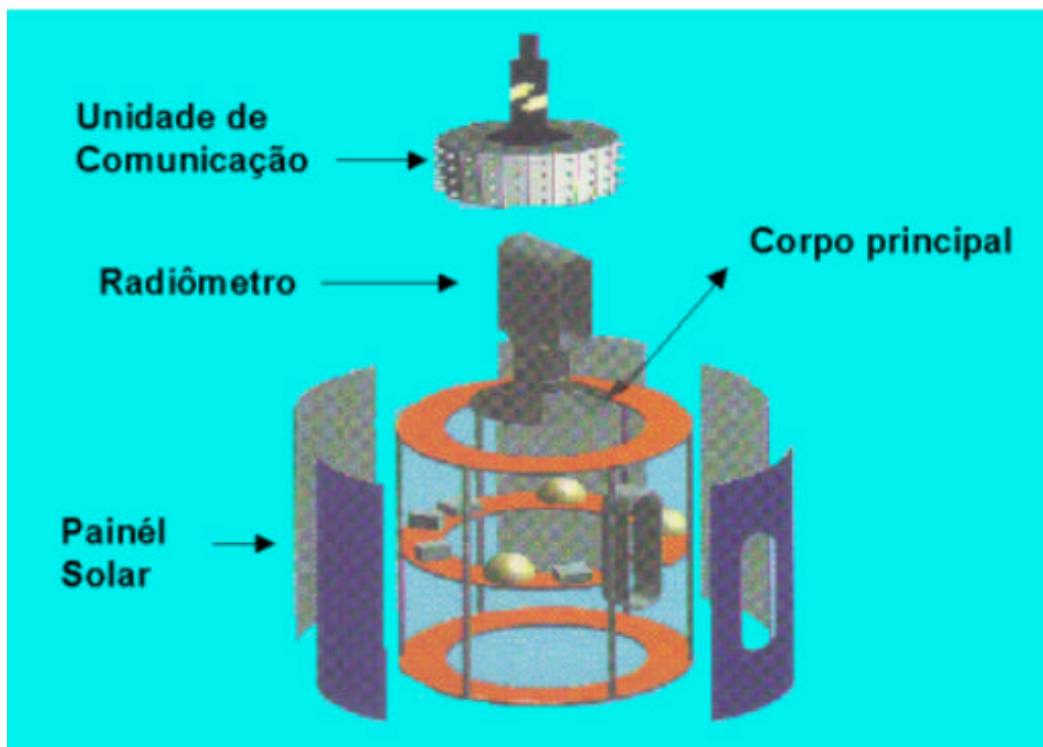


Fig 15 – Partes componentes do satélite meteosat.

FONTE: Adaptada da ESA s/data.

O radiômetro é um telescópio com três detetores que medem a radiância da Terra e da cobertura de nuvens a cada 30 minutos dia e noite. Os três detetores operam na região do visível e infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho termal do espectro eletromagnético, conforme é mostrado na Tabela 7.

TABELA 7 – BANDAS DO METEOSAT E FAIXAS ESPECTRAIS

BANDAS	FAIXA ESPECTRAL (μm)	SIGNIFICADO
1	0,5 – 0,9	Visível e infravermelho próximo
2	5,7 – 7,1	Banda de absorção do vapor d'água
3	10,5 – 12,5	Janela do infravermelho termal

As imagens geradas são transmitidas para a estação terrena, localizada próximo a Darmstadt, na Alemanha. Após receber o sinal os dados são retransmitidos para mais de 2000 usuários (Figura 16). A resolução espacial (“Pixel”), das imagens geradas, é de 5 km x 5 km para o infravermelho médio e 2,5 km x 2,5 km no visível e infravermelho próximo.

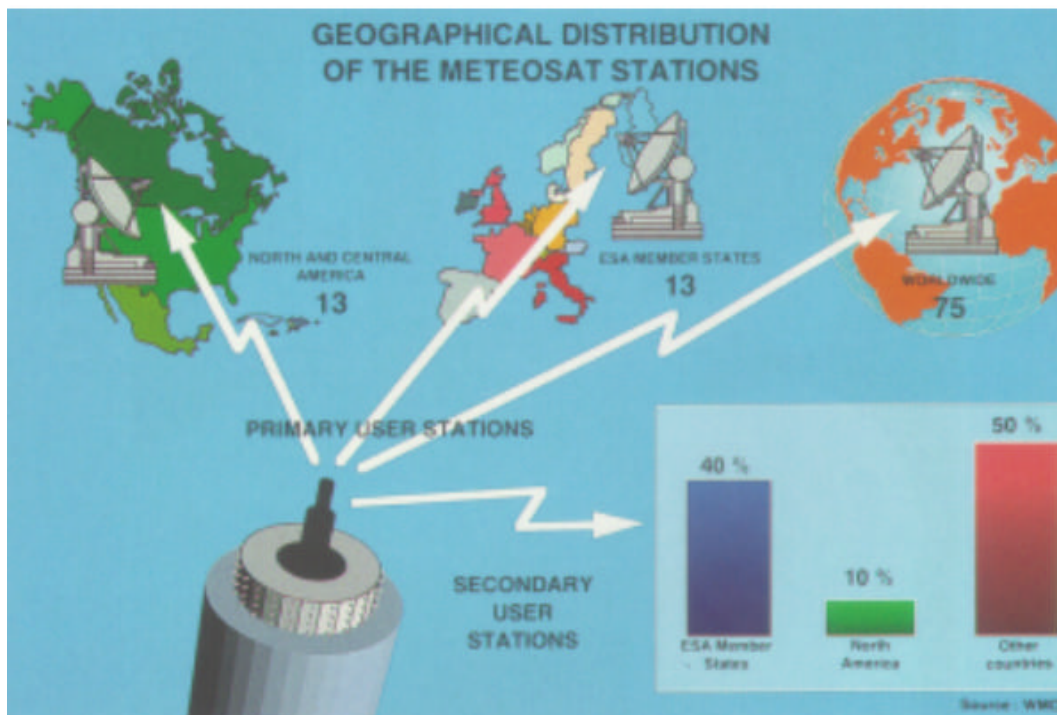


Fig. 16 – Mapa de usuários dos dados do Meteosat

FONTE: ESA s/data.

A segunda geração dos satélites meteosat (o primeiro lançado no ano de 2000), exibirá mais bandas espectrais e maior resolução espacial. Esses novos satélites passarão a serem denominados pela sigla MSG (Meteosat Second Generation).

3.4.2.4 – Satélite INSAT-2E

No ano de 1983 foi criado, na Índia, o Programa INSAT (Indian National Satellite System), resultante de uma cooperação entre o Departamento do Espaço Indiano e o Departamento Meteorológico e de Telecomunicações. Cabe ao Departamento de Espaço a função de estabelecer e operar os satélites.

O primeiro satélite deste programa foi o INSAT – 1A lançado em 10 de abril de 1982. Posteriormente foram colocados em órbita da Terra outros satélites da mesma série, conforme pode ser visto na Tabela 8.

TABELA 8 – DATAS DE LANÇAMENTO DOS SATÉLITES DA SÉRIE INSAT

SATÉLITE	LANÇAMENTO	OBSERVAÇÃO
INSAT – 1 A	10/04/1982	Operou apenas 6 meses
INSAT – 1B	30/08/1983	Operou por 7 anos
INSAT – 1C	21/07/1988	Operou apenas um ano e meio
INSAT – 1D	02/06/1990	
INSAT – 2 ^A	10/07/1992	Primeiro satélite da segunda geração
INSAT – 2B	23/07/1993	
INSAT – 2C	07/12/1995	
INSAT – 2D	04/06/1997	
INSAT – 2E	03/04/1999	Satélite de comunicação e meteorológico

FONTE: www.lyngsat.com/tracker/inze.shtml

Os satélites INSAT são geostacionários, girando a uma altitude de 35.800 km. O Insat-2E, o último lançamento da segunda série, gira em órbita equatorial deslocado em 74° E e cobre 42% da superfície da Terra (Figura 17).

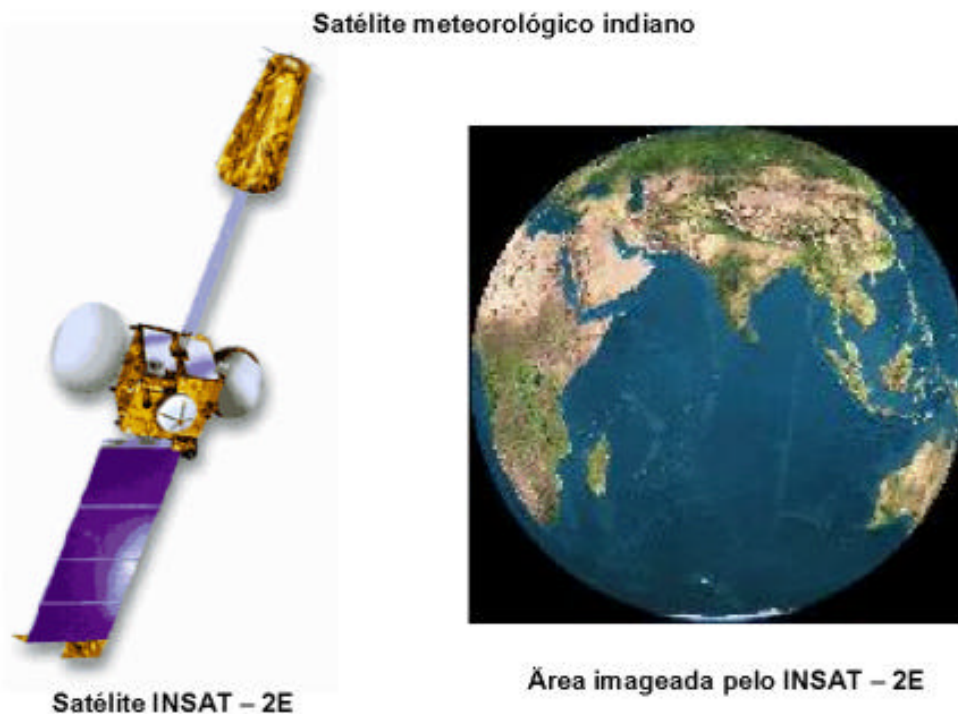


Fig .17 - Satélite INSAT-2E e a área imageada do globo

FONTE: <http://www.lyngsat.com/in2dt.shtml>

3.4.2.5 – Satélites FY-2B

O FY-2B é um satélite chinês, geoestacionário, operado pelo NSMC. O satélite foi colocado em órbita no dia 25 de junho de 2000 a 105° E, cobrindo 42% da superfície da Terra (Figura 18).

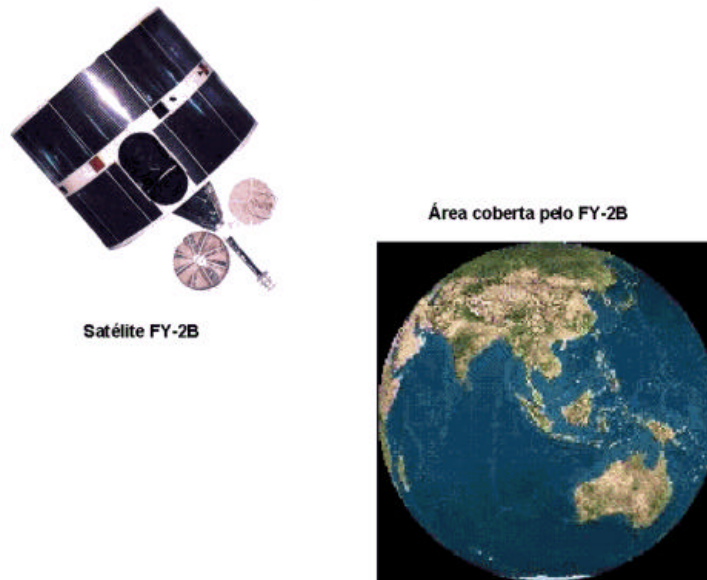


Fig. 18 – Satélite FY-2B e a área do globo terrestre coberta pelo satélite (42%).
FONTE: <http://www.lyngsat.com/in2dt.shtml>

O FY-2B está equipado com um radiômetro VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) que mede a energia radiada em três faixas de comprimento de onda do espectro eletromagnético, ou seja: um canal no visível e infravermelho próximo (0,55 a 1,05 μm); um canal da faixa de absorção do vapor d'água (6,2 a 7,6 μm) e um canal no infravermelho termal (10,5 a 12,5 μm). A resolução espacial das imagens produzidas pelo FY-2B é de 1,5 km x 1,5 km no canal do visível-infravermelho próximo e na faixa de absorção do vapor d'água e do termal é de 5,0 km x 5,0 km.

3.5. Satélites de Observação da Terra ou de Recursos Naturais.

O estudo da viabilidade do uso de sensores a bordo de satélites artificiais para coleta de dados sobre a superfície terrestre, para fins de levantamentos dos recursos naturais renováveis e não renováveis foi, na primeira fase, realizada por equipamentos colocados em plataformas tripuladas.

Neste contexto, a primeira plataforma tripulada que obteve fotografias da superfície terrestre foi o satélite Mercury no ano de 1961. As fotografias obtidas nesta missão mostraram grande potencial de aplicações no reconhecimento de recursos terrestres (NOVO, 1989).

Durante as missões da série Gemini foi solicitado aos astronautas que tirassem fotografias de áreas de interesse da superfície terrestre.

Ainda segundo os relatos de Novo (1989), o primeiro experimento formal, visando a utilização de sensores para levantamento terrestres, foi realizado em 1967 quando se tinha em mente obter fotografias coloridas por meio de câmeras a bordo da espaçonave Apollo 6.

No ano de 1973, a NASA lançou um importante programa de Sensoriamento Remoto a bordo da estação espacial Skylab. Através de um conjunto de experimentos em sensoriamento remoto conhecido como EREP (Earth Resources Experiment Package) foi possível coletar dados através de diferentes sistemas sensores: três tipos de câmeras fotográficas, um espectrômetro infravermelho, um imageador multiespectral com 13 canais, um radiômetro-escaterômetro de microondas e um radiômetro na banda L (200 mm).

A análise de dados multiespectrais obtidos durante a Missão Apollo 9 fortaleceu o desenvolvimento do programa ERTS, mais tarde rebatizado por LANDSAT.

No ano de 1972 os americanos lançam o primeiro satélite de recursos naturais, o ERTS-1, iniciando assim, a era dos satélites não-tripulados desenvolvidos exclusivamente para coleta de dados sobre os recursos terrestres.

Para melhor entendimento a discussão que segue foi baseada nos programas de satélites de observação da Terra, considerando o princípio de funcionamento dos sensores a bordo, ou seja: sensores passivos e ativos.

3.5.1 – Satélites com Sistemas Sensores Passivos

3.5.1.1 – Programa LANDSAT.

O primeiro satélite de Sensoriamento Remoto de recursos terrestres não-tripulados foi o Earth Resources Technology Satellite 1 (ERTS-1), lançado no ano de 1972 pelos norte-americanos. O ERTS-1 foi construído a partir de uma modificação do

satélite meteorológico NIMBUS (Figura 19) e carregou a bordo dois tipos de sensores: um sistema de varredura multiespectral, o MSS (multiespectral Scanner Subsystem) e um sistema de varredura constituído por três câmeras de televisão (Return Beam Vidicon), denominadas por RBV. Após o lançamento do ERTS-1 o programa foi rebatizado para LANDSAT e 6 outros satélites foram colocados em órbitas da Terra, conforme é mostrado nas Tabelas 9 e 10. A partir do Landsat 4 houve uma modificação da plataforma do satélite conforme é mostrado na Figura 20.

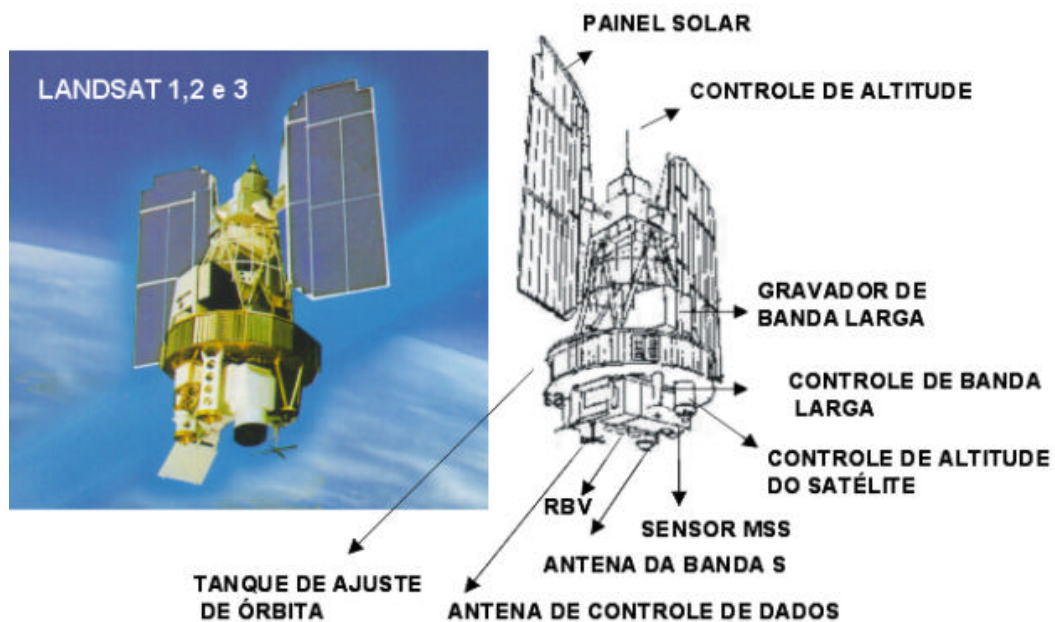


Fig. 19 – Satélites Landsat 1,2 e 3

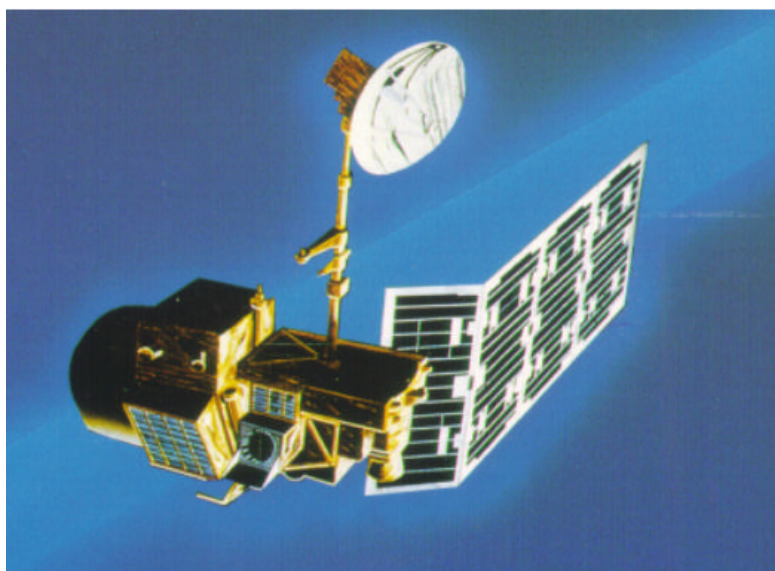


Fig. 20 – Plataforma dos satélites Landsat 4 e 5

FONTE: <http://www.engesat.com.br/satelites/landsat5.htm>

Para o Landsat -7, novamente houve uma modificação no desing da plataforma, conforme é mostrado na Figura 21.

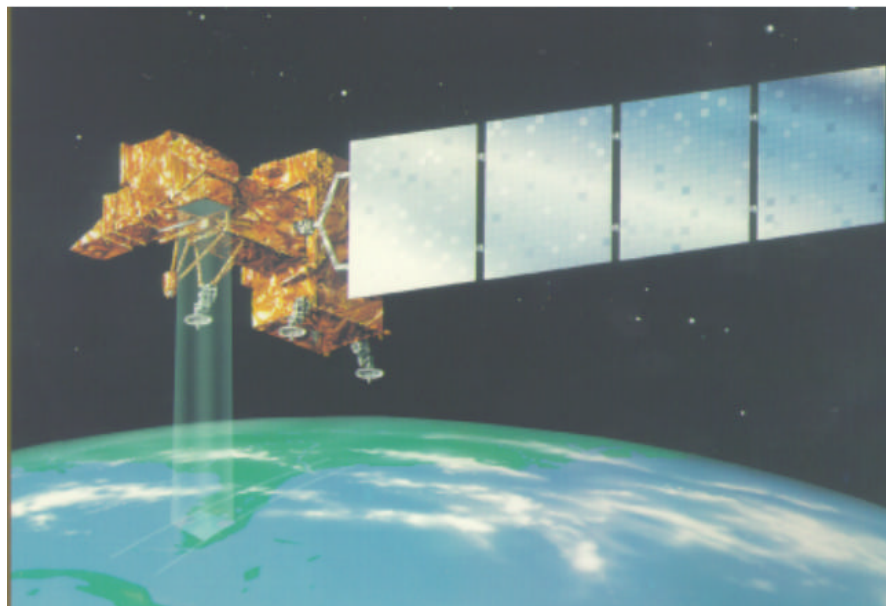


Fig.21 – Satélite LANDSAT-7

FONTE: EROS Data Center (1990).

TABELA 9 – CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES DA SÉRIE LANDSAT

SATÉLITE	LANÇAMENTO	STATUS	INCLINAÇÃO	SENSOR	ALTITUDE (KM)
Landsat1 (ERTS-1)	Julho de 1972	Inativo	99,9 ⁰	MSS e RBV	907
Landsat 2	Janeiro de 1975	Inativo	99,2 ⁰	MSS e RBV	908
Landsat 3	Março de 1978	Inativo	99,1 ⁰	MSS	915
Landsat 4	Julho de 1982	Inativo	98,3 ⁰	MSS e TM	705,3
Landsat 5	Março de 1984	Ativo	98,3 ⁰	MSS e TM	705,3
Landsat 6	Outubro de 1993	Inativo	-	Não chegou a operar	
Landsat 7	Abril de 1999	Ativo	98,2 ⁰	ETM+	705

TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS SENSORES DO LANDSAT

SATÉLITE	SENSOR	RESOLUÇÃO ESPACIAL (m x m)	RESOLUÇÃO TEMPORAL (dias)
Landsat-1	MSS , 3RBV	80	18
Landsat-2	MSS, 3RBV	80	18
Landsat-3	MSS, 2RBV	80 e 240	18
Landsat-4	MSS	80	16
	TM	30	
Landsat-5	MSS	80	16
	TM	30	
Landsat-7	MSS	80	16
	ETM+	30 e 15	

O ETM+ é um radiômetro de varredura multiespectral de 8 bandas que fornece imagem de alta resolução da superfície da Terra.

3.5.1.2 – Programa SPOT

O programa SPOT foi planejado e projetado como um sistema operacional e comercial, estabelecido pelo governo francês em 1978, com a participação da Suécia e Bélgica. O Programa é gerenciado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais – CNES, que é o responsável pelo desenvolvimento e operação dos satélites. O primeiro satélite da série foi lançado em fevereiro de 1986, seguido de mais outros 3 satélites: SPOT 2 (janeiro de 1990), SPOT 3 (setembro de 1993) e o SPOT 4 (1998), Figura 22.

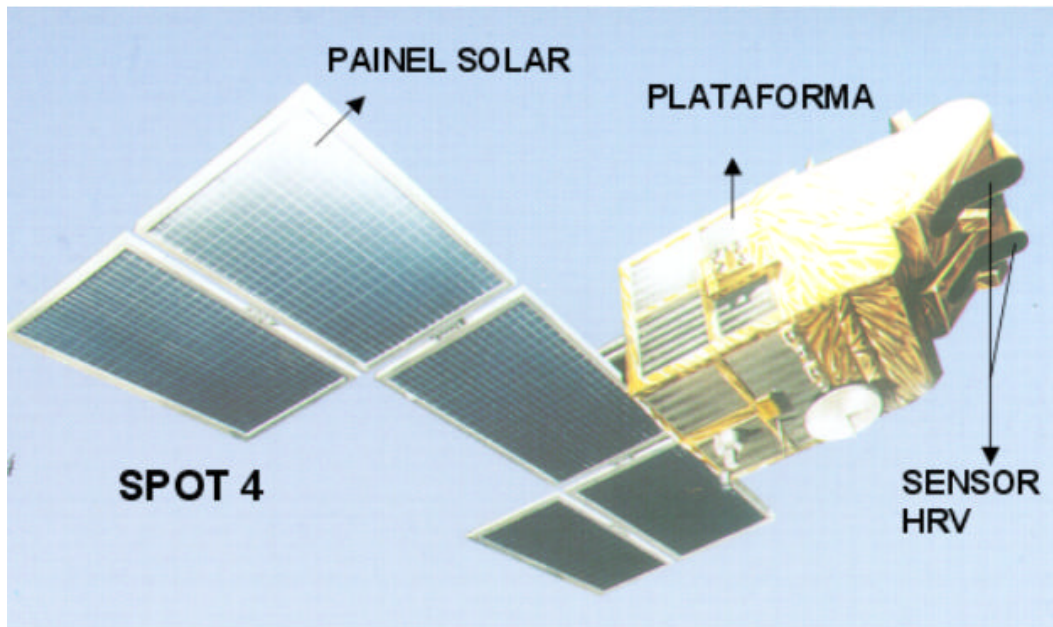


Fig.22 – Satélite SPOT 4.

FONTE: <http://www.spot.com/>

A estrutura adotada para o gerenciamento do programa SPOT distingue claramente as funções do gerenciamento técnico do sistema, executado pelo CNES e a comercial executada pela SPOT IMAGE, uma empresa comercial responsável pela distribuição dos dados.

- Características do satélite SPOT.

Órbita

Circular a 832 km

Inclinação: 98,7 graus

Nó descendente: às 10:39 h

Ciclo orbital: 26 dias

Sensores: dois instrumentos (HRV) multiespectral e idênticos e um pancromático.

Varredura: 60 km cada instrumento, com observação vertical. Quando os dois sensores operam em faixas adjacentes a área imageada é de 117 km de largura.

Tamanho do pixel (resolução), depende do sensor, isto é, 10 metros no modo pancromático e de 20 metros no modo multiespectral. A partir do SPOT 4 a resolução espacial (pixel) foi melhorada conforme é mostrado na Tabela 11.

No pancromático as observações são feitas por uma única banda larga na região do visível. A partir do SPOT 4 a resolução espacial foi melhorada (Tabela 11).

TABELA 11 – CARACTERISITCAS DO SATÉLITE SPOT

SATÉLITE	SENSOR	BANDA	FAIXA ESPECTRAL (μM)	RESOLUÇÃO (metro)
SPOT 1	HRV	X1	0,5 – 0,59	20
		X2	0,61 – 0,68	20
		X3	0,79 – 0,89	20
		PAN	0,51 – 0,73	10
SPOT 2	HRV	X1	0,5 – 0,59	20
		X2	0,61 – 0,68	20
		X3	0,79 – 0,89	20
		PAN	0,51 – 0,73	10
SPOT 3	HRV	X1	0,5 – 0,59	20
		X2	0,61 – 0,68	20
		X3	0,79 – 0,89	20
		PAN	0,51 – 0,73	10
SPOT 4	HRV	X1	0,5 – 0,59	20
		X2	0,61 – 0,68	20
		X3	0,79 – 0,89	20
		PAN	0,51 – 0,73	5
SPOT 5	HRV	X1	0,5 – 0,59	10
		X2	0,61 – 0,68	10
		X3	0,79 – 0,89	10
		PAN	0,51 – 0,73	2,5

Os sensores HRV do SPOT possuem a capacidade de apontamento de 27° leste ou oeste, fora do plano orbital, isto confere ao sistema a possibilidade de obter dados “off nadir”.

3.5.1.3 – Programa IRS (Indian Remote Sensing)

O programa IRS (Indian Remote Sensing) é operado pela Indian Space Research Organization (ISRO) e pela National Remote Sensing Agency (NRSA). O principal objetivo das suas missões é fornecer dados de sensoriamento remoto para a National Natural Resource Management System (NNRMS) da Índia (Figura 23).

O primeiro satélite da série foi lançado no ano de 1980, seguido por mais 5 satélites, conforme é mostrado na Tabela 12.

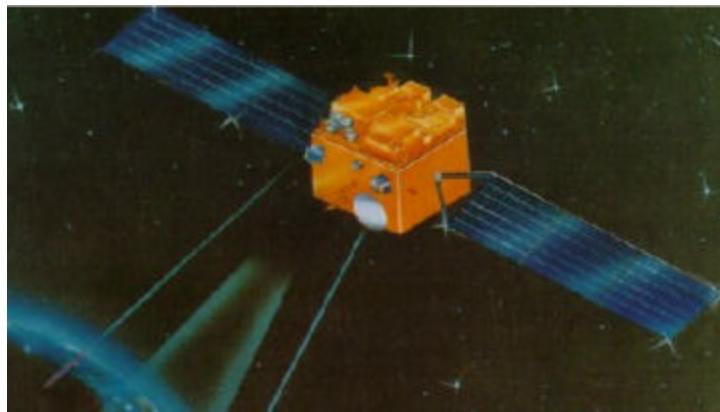


Fig. 23 – Satélite IRS FONTE: <http://www.cnpm.embrapa.br/satelite/irs.html>

TABELA 12 – CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES IRS

SATÉLITE	Lançamento	Status	Altitude (km)	Inclinação	Finalidade
IRS-1A	Mar de 1980	Inativo	905	99,3°	Observ. da Terra
IRS-1B	Ago de 1991	Ativo	904	99,3°	Observ. da Terra
IRS-P2	Out de 94	Ativo	817	98,7°	Observ. da Terra
IRS-1C	Dez de 1995	Ativo	817	98,7°	Observ. da Terra
IRS-P3	Mar de 1996	Ativo	817	98,7°	Observ. da Terra
IRS – 1D	Set de 1997	ativo	817	98,7°	Observ. da Terra

Os satélites IRS carregam a bordo dois sensores de imageamento avançados, o Linear Imaging Self Scanners - LISS-I com uma resolução espacial de 72,5 m e os LISS-IIA e LISS-IIB com uma resolução de 36,25 m. O LISS-I imageia uma faixa no terreno de 148 km, enquanto que a faixa imageada pelos sensores LISS-IIA e LISS-IIB é de 145 km.

O IRS-P2 lançado em 16 de outubro de 1994 carrega a bordo o sensor LISS-II, um sistema imageador, similar ao sensor a bordo do satélite IRS-1B, porém com uma resolução temporal de 24 dias.

A segunda geração dos satélites IRS, denominada IRS-1C e IRS-1D, carrega a bordo uma câmara pancromática com uma resolução espacial de 5,8 m e a largura da faixa imageada é de 70 km.

Nessa segunda série o sensor LISS-III opera em quatro faixas espectrais, sendo três na região do visível e uma no infravermelho próximo. A resolução espacial dos dados coletados por esse sensor é de 23 metros nas bandas do visível e de 70 metros no infravermelho.

Esses satélites carregam a bordo um outro sensor com campo largo de visada operando no visível e na região do infravermelho próximo, com uma resolução de 188 m e uma faixa de cobertura de 810 km, com resolução temporal de 5 dias

A inexistência de gravador a bordo e de uma antena de recepção tem dificultado a utilização dos dados dessas plataformas na América do Sul.

4.5.1.4 – Satélite IKONOS

A Space Imaging desenvolveu o Programa IKONOS (Figura 24), com o objetivo de fornecer informação com qualidade e rapidez largamente superiores aos padrões atuais de mercado. Os produtos são vendidos pela companhia CARTERRA™, que constitui um recurso muito vasto para entidades governamentais, agentes comerciais e cidadãos privados, que assim têm à sua disposição meios de compreender mais profundamente o meio onde se inserem. Nas Figuras 25,26 e 27 são mostrados alguns exemplos de aplicação dos dados Ikonos.

Nas Tabelas 13 e 14 estão contidos algumas informações sobre o IKONOS e seu sistemas sensores.

TABELA 13 – CARACTERÍSTICAS DO SATÉLITE IKONOS

Características	IKONOS-1
Entidade Responsável	Space Imaging
Data de Lançamento	24 de setembro de 1999
Data de Fim de Vida	n.d.
Situação atual	Ativo
Tipo de Órbita	Síncrona com o sol
Altitude Média	681 km
Inclinação	98,1°
Velocidade	7 km/s
Período	98 min.
Peso	726 kg
Finalidade	várias
Sensores	Pancromático / Multiespectral

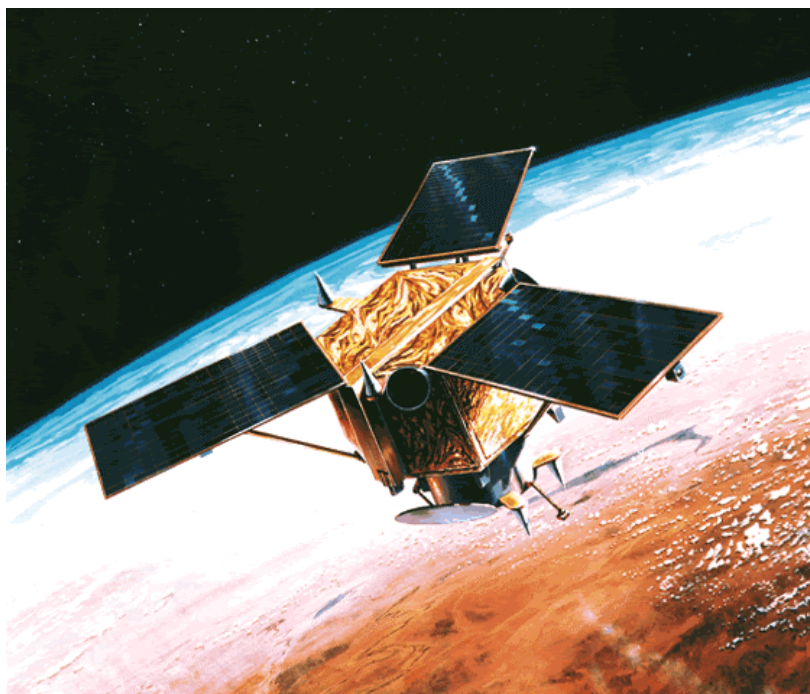


Fig.- Satélite IKONOS

FONTE: <http://www.spaceimaging.com/ikonos/anniversary/default.htm#>



Fig 25 – Imagem do ikonos com resolução espacial de 4m x 4m, mostrando uma área de Brasília

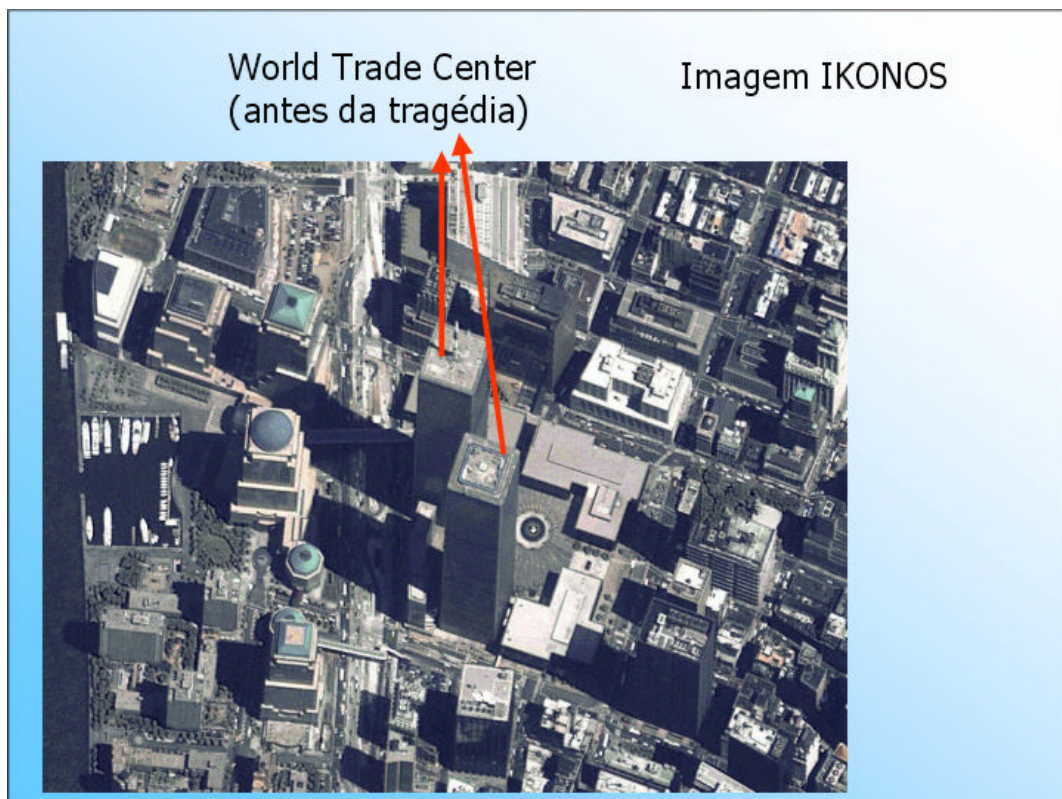


Fig.26 – Imagen Ikonos com resolução espacial de 4m x 4m obtida antes da tragédia nas Torres do Wold Trade Center.

World Trade Center
(após a tragédia)

Imagem IKONOS



Fig. 27 – Imagem Ikonos com resolução espacial de 4m x 4m obtida depois da tragédia nas Torres do Wold Trade Center.

TABELA 14 – CARACTERÍSTICAS DO SENSOR DO SATÉLITE IKONOS

Sensor	Resolução Espectral mm	Resolução Espacial (m x m)	Faixa de Varredura	Resolução Radiométrica
Pancromático	0.45-0.90	1	1100 km	11 bits (2048 níveis)
Multiespectral	0.45-0.52	4	1100 km	11 bits (2048 níveis)
	0.52-0.60	4	1100 km	11 bits (2048 níveis)
	0.63-0.69	4	1100 km	11 bits (2048 níveis)
	0.76-0.90	4	1100 km	11 bits (2048 níveis)

O satélite IKONOS tem a possibilidade de revisita qualquer local com poucos dias.

3.5.1.5 – Programa CBERS

O Programa CBERS resulta de uma cooperação assinada em 6 de julho de 1988 entre a China e o Brasil para desenvolver dois satélites de observação da Terra. Esse programa conjunto de **Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres (CBERS)** combina os recursos financeiros e de especialistas dos dois países para estabelecer um sistema completo de sensoriamento remoto, que é competitivo e compatível com o presente cenário internacional. O programa CBERS foi concebido como modelo de cooperação horizontal e intercâmbio entre países em desenvolvimento.

Característica singular do CBERS (Figura 28) é sua carga útil de múltiplos sensores, com resoluções espaciais e frequências de observação variadas. Os três sensores imageadores a bordo são o imageador de visada larga (WFI), a câmara CCD de alta resolução e o varredor multiespectral infravermelho (IR-MSS), conforme é mostrado na Figura 29. O WFI tem uma visada de 900 km no solo, que dá uma visão sinótica com resolução espacial de 260 m e cobre o planeta em menos de 5 dias. Já os sensores CCD de alta resolução e IR-MSS fornecem informações mais detalhadas em uma visada mais estreita, de 120 km. A câmara CCD de alta resolução tem a capacidade adicional de apontamento lateral de $\pm 32^\circ$, que dá frequência de observações aumentada ou visão estereoscópica para uma dada região. Os dados de múltiplos sensores são especialmente interessantes para acompanhar ecossistemas que requerem alta repetitividade.

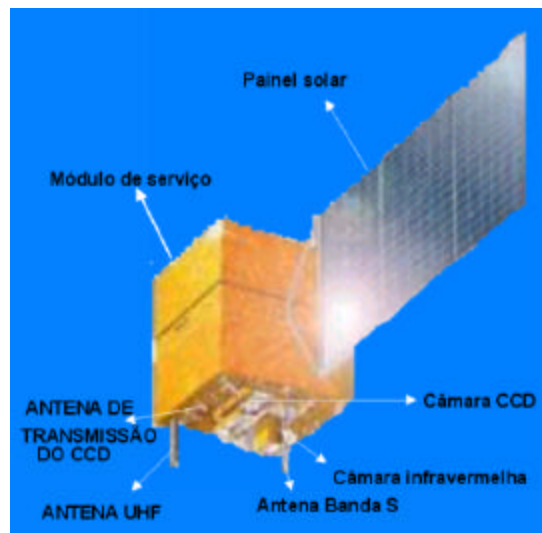


Fig. 28 – Satélite CBERS-1. FONTE: INPE (1995).

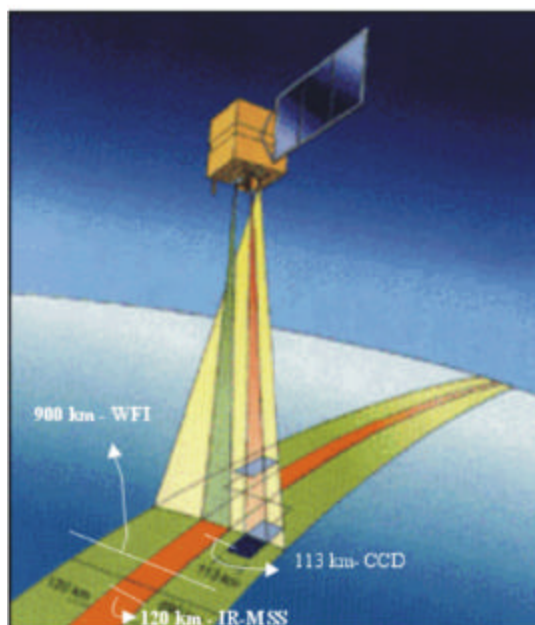


Fig. 29 – Faixas de imageamento dos sensores CCD, IR-MSS e WFI
 FONTE: INPE (1995).

Além da carga útil imageadora, o satélite leva um sistema de coleta de dados (DCS) para retransmitir dados ambientais colhidos no solo; um monitor do ambiente espacial (SEM) para detecção de radiação de alta energia no espaço; e um gravador de fita de alta densidade (HDTR) experimental para gravação de imagens a bordo.

Todos os satélites da série CBERS serão lançados por foguetes chineses da série Longa Marcha a partir da base de lançamento de Shanxi, na República Popular da China.

Principais características:

- Massa 1.450 kg
- Potência gerada 1.100 watts
- Dimensões do painel 6,3 x 2,6m
- Baterias 2 x 30 Ah NiCd
- Dimensões do corpo 2,0m x 8,3m x 3,3m (configuração em órbita)
- Propulsão (hidrazina) 16 x 1N; 2 x 20N
- Estabilizado em três eixos
- Supervisão de bordo distribuída
- TT&C em UHF e banda S
- Tempo de vida 2 anos (confiabilidade de 0,6)

Parâmetros orbitais:

- Altitude média 778 km

Inclinação 98,504 graus
 Revoluções/dia 14 + 9/26
 Período nodal 100,26 minutos
 Hora solar média
 no nó descendente 10h 30min
 Período de
 recobrimento 26 dias

Sistema de Coleta de Dados:

Tipo acesso ao sistema Aleatório
 Enlace de subida
 Frequência da portadora 401,635 MHz ± 30 kHz
 PEII 33 dBm
 Enlace de descida
 Frequências das portadoras 2267,52 MHz (Banda S)
 462,5 MHz (UHF)
 PEII 20 dBm (Banda S)
 35 dBm (UHF)

Na Tabela 15 podem ser vistas algumas características dos sistemas sensores a bordo do satélite CBERS.

TABELA 15 – CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES CCD, IR-MSS e WFI

SENSOR	FAIXA ESPECTRAL(μm)	RESOLUÇÃO ESPACIAL (m x m)	VARREDURA NO TERRENO (km)
CCD	0,45 - 0,52 0,52 – 0,59 0,63 – 0,69 0,77 – 0,73 0,51 – 0,73 (PAN)	19,5	113
IR-MSS	0,50 – 1,10 1,55 – 1,75 2,08 – 2,35 10,04 – 12,05	77,8	120
WFI	0,63 – 0,69 0,77 – 0,89	256	890

3.5.2 – Satélites com Sistemas Sensores Ativos

O Radar (“**R**ADIO **D**ETECTION **A**ND **R**ANGING”) é um sistema sensor ativo que opera na faixa espectral de radio ou de microondas. O princípio de funcionamento do radar consiste na emissão de pulso de microondas e registro do sinal de retorno. O registro da energia refletida, após a interação do sinal com os alvos da superfície terrestre, contém duas grandezas distintas: o tempo de retorno e a intensidade do sinal.

O tempo de retorno refere-se diretamente à distância entre o alvo e a fonte (antena) emissora. Este parâmetro foi e está sendo largamente utilizado para mensuração de distância e azimute em radares convencionais, por exemplo, na determinação e posicionamento de aeronaves em aeroportos e em espaços aéreos determinados.

A intensidade do sinal está intimamente relacionada ao sensoriamento remoto. Neste caso, o sinal é associado a um nível de cinza registrado na imagem, que por sua vez, é proporcional à intensidade do sinal recebido na antena.

Na Tabela 16 contem informação sobre a utilização das faixas espectrais em sistemas sensores ativos.

TABELA 16 – FAIXAS ESPECTRAIS E SUAS UTILIZAÇÕES EM SATÉLITES COM SENSORES ATIVOS

Banda	Comprimento de onda (cm)	Frequência MHz	Utilização mais comum
Ka	0,75 – 1,10	40000 – 26500	Comunicações
K	1,10 – 1,67	26500 – 18000	Comunicações
Ku	1,67 – 2,40	18000 – 12500	Comunicações e RADARES de espaço aéreo
X	2,40 – 3,75	12500 – 8000	RADARES de espaço aéreo e Sensoriamento remoto
C	3,75 – 7,50	8000 – 4000	Sensoriamento remoto
S	7,50 – 15	4000 – 2000	Transponder de satélites de comunicações
L	15 – 30	2000 – 1000	Sensoriamento remoto; VLBI*; GPS**
P	30 – 100	1000 – 300	Sensoriamento remoto

- Very Large Baseline Interferometry. ** Global Position System

Como representantes dos sistemas de sensores ativos orbitais (Sistema de Radar) temos o RADARSAT-1, O JERS-1 e o ERS-1.

3.5.2.1- RADARSAT

O RADARSAT é um sofisticado satélite de observação da Terra, desenvolvido pela Canadian Space Agency (CSA) no ano de 1989, com a colaboração dos Estados Unidos, através da NASA (National Aeronautics and Space Administration), responsável pelo lançamento do satélite. As empresas envolvidas no seu design e construção são a Spar Aerospace (principal colaborador), MacDonald Dettwiler & Associates, SED Systems, CAL Corporation, COM DEV, Fleet Industries, IMP e a FRE Composites (Figura 30, Tabela 17).

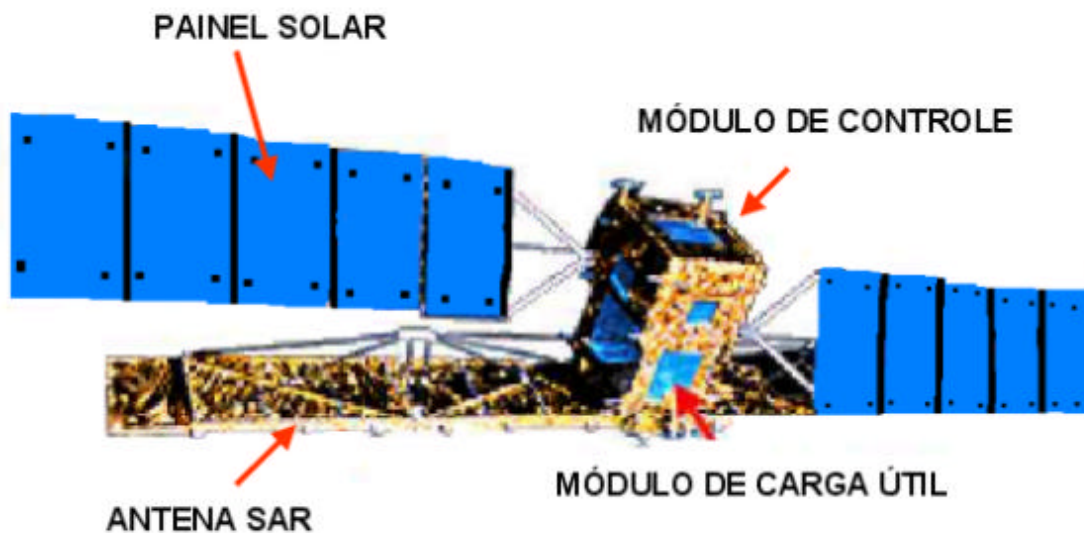


Fig. 30 – Satélite RADARSAT –1

FONTE: <http://snig.cnig.pt/ROT/english/radsens.html>

TABELA 17 – CARACTERÍSTICAS DO SATÉLITE RADARSAT

RADARST	OBSERVAÇÃO
Entidade Responsável	CSA (Canadian Space Agency)
Data de Lançamento	11.ABR.95
Data de Fim de Vida	2000
Situação Actual	Activo
Tipo de Órbita	Quase circular, sincronizada com o Sol
Altitude Média	798 Km
Inclinação	98.6°
Período	101 minutos
Peso	2713 Kg
Hora Local no nodo Descendente	18:00

O principal objetivo deste projeto é auxiliar o estudo das mudanças climáticas e dos recursos renováveis. No entanto, as imagens do Radarsat podem também ser utilizadas em vários outros campos de aplicação, nomeadamente na agricultura, cartografia, hidrologia, oceanografia e monitorização de zonas costeiras.

Uma vez que o sensor do RADARSAT é um radar de alta tecnologia, a obtenção de imagens por parte deste satélite não se encontra dependente das condições climáticas, nomeadamente da nebulosidade, como acontece com a maioria dos satélites de detecção remota com sensores ópticos (Tabela 18).

TABELA 18 – CARACTERÍSTICAS DO SENSOR SAR

Sensor	Resolução Espectral	Modo de Operação	Resolução Espacial	Faixa de Varredura	Ângulo de incidência (Graus)
SAR Synthetic Aperture Radar Opera na banda "C"	5.3 GHz ou (5.6cm)	Standard	25 x 28 m	100 km	20-49
	5.3 GHz	Wide-1	48-30 x 28 m	165 km	20-31
	5.3 GHz	Wide-2	32-25 x 28 m	150 km	31-39
	5.3 GHz	Fine resolution	11-9 x 9 m	45 km	37-48
	5.3 GHz	ScanSAR Narrow	50 x 50 m	305 km	20-40
	5.3 GHz	ScanSAR Wide	100 x 100 m	510 km	20-49
	5.3 GHz	Extended (H)	22-19 x 28 m	75 km	50-60
	5.3 GHz	Extended (L)	63-28 x 28 m	170 km	10-23

3.5.2.2- Satélite JERS

O "Japan Earth Resources Satellite-1 (JERS-1)" é um satélite de observação terrestre avançado, que foi colocado em órbita da Terra no dia 11 de Fevereiro de 1992 (Figura 31).

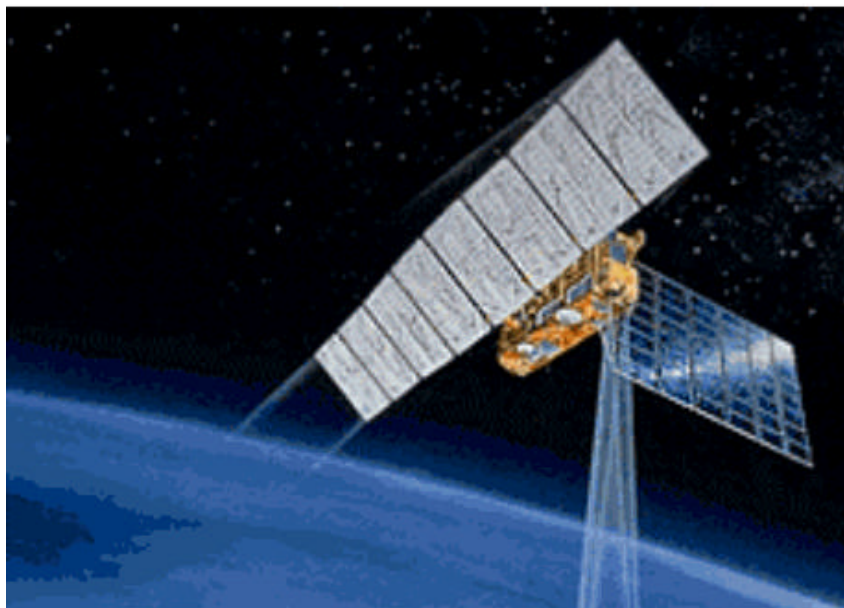


Fig. 31 – Satélite JERS-1

FONTE: http://www.nasda.go.jp/index_e.html

O JERS-1 é resultado de um projeto de cooperação da NASDA e MITI. A NASDA é a responsável pelo desenvolvimento do satélite e a MITI é responsável pelo desenvolvimento dos instrumentos de medida. O satélite foi lançado em 1992. Embora tenha sido desenvolvido para uma vida útil de 2 anos o satélite continuou ativo por mais de 6 anos, sendo desativado em 12 de outubro de 1998

Esses satélites carregam a bordo um Radar de Abertura Sintética (SAR), cujo sinal é capaz de penetrar as nuvens e um sensor ótico (OPS), que opera em quatro bandas do visível e uma do infravermelho próximo. Originalmente este sensor tinha a capacidade de registrar informações sobre a superfície terrestre em quatro bandas adicionais do infravermelho médio. Em dezembro de 1993, por motivos técnicos essas quatro bandas pararam de funcionar. O OPS é capaz também de fazer observações estereoscópicas, na faixa do infravermelho próximo (banda 4), através de ângulos de visada no nadir e para frente. Estes dados são úteis para estudos topográficos.

As principais características do JERS-1 são:

- Altitude: 568 km
- Órbita síncrona com o sol
- Periodicidade de 44 dias

As principais características dos sensores a bordo do satélite são:

a) Radar de Abertura Sintética (SAR)

- Frequência e polarização: 1.275 Ghz (Banda -L) HH
- Ângulo de incidência : 38,5° para o centro das faixas
- Saída: 325W
- Tamanho da antena: 11,9 x 2,4 m
- Resolução no terreno: 18 x 18 m (3-visadas)
- Taxa de dados : 60 Mbps

b) Sensor Ótico (OPS)

- Banda 1 0,52 – 0,60 μm
- Banda 2 0,63 – 0,69 μm
- Banda 3 0,76 – 0,86 μm
- Banda 4 0,76 – 0,86 μm (visada para frente)
- Banda 5 1,60 – 1,71 μm (inoperante - disponível em arquivo)
- Banda 6 2,01 – 2,21 μm (inoperante - disponível em arquivo)
- Banda 7 2,13 – 2,15 μm (inoperante - disponível em arquivo)
- Banda 8 2,27 – 2,40 μm (inoperante - disponível em arquivo)
- Resolução no terreno : 18,3 m x 24,2 m (valor especificado)

3.5.2.3- O Programa ERS

A Agência Espacial Européia (ESA) lançou da base de Kouru, na Guiana Francesa, a bordo de um foguete francês Ariane, em 17 de julho de 1991 o primeiro European Remote-Sensing Satellite (ERS).

O ERS-1 foi o primeiro satélite do ambicioso plano a longo prazo da ESA, no domínio da observação da Terra, operou durante toda a década de 90. O satélite ERS-2 foi lançado três anos após o ERS-1 (Figura 32).

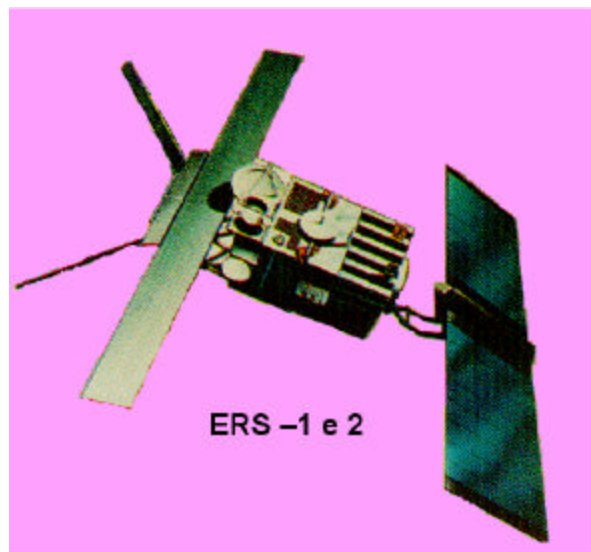


Fig. 32- Satélite ERS-1
FONTE: Adaptada da ESA s/data

No instrumentação do ERS consiste de vários sensores de microondas ativo que tem como finalidade proporcionar parâmetros experimentais e pré-operacionais relacionados com a superfície terrestre e, mais especificamente com relação ao oceano e ao gelo.

Muitas das características dos sensores a bordo do ERS, foram baseadas nos resultados obtidos com os experimentos da NASA com o SEASAT-1, lançado em 1978, que demonstrou a viabilidade do monitoramento do oceano e de regiões de gelo desde o espaço, usando sensores ativos de microondas.

Além destas informações o ERS é de especial interesse para países tropicais, onde a constante cobertura de nuvens inviabiliza, freqüentemente a coleta de dados.

O ERS está a uma altitude de 777 Km, e, em função das missões programadas, a sua repetitividade pode variar entre 3 dias, como inicialmente previsto, até 35 dias para garantir a cobertura SAR global.

O programa ERS tem os seguintes objetivos:

- aumentar o conhecimento científico das zonas costeiras e dos processos globais do oceano, para que junto com o controle das regiões polares possa contribuir para o Programa de Pesquisa Mundial Climatológica; em particular deseja-se contribuir com experimentos internacionais de grande escala, tais como o experimento de Circulação Oceânica Mundial (WOCE) e o Experimento de Oceanos Tropicais e Atmosfera Global (TOGA); a ESA espera também poder avançar de modo significativo nos campos da oceanografia física, glaciologia e climatologia;

- estabelecer, desenvolver e explorar as aplicações de dados de sensoriamento remoto nas áreas costeiras, nos oceanos e no gelo; as atividades que maior benefício obterão da melhoria nas previsões e no melhor conhecimento dos parâmetros oceanográficos e geofísicos são, entre outras, as que se relacionam com plataformas petrolíferas, rotas de barcos e pesca;
- estimular e desenvolver a pesquisa científica e de aplicação no uso de dados obtidos com radares, cuja capacidade de coleta de dados independe das condições atmosféricas.

Os principais instrumentos a bordo do ERS são:

- a) instrumentação ativa na região das microondas (AMI), banda C (5,3 GHz) que inclui um Radar de Abertura Sintética (SAR), um difusômetro para vento e outro para ondas;
- b) um altímetro tipo Radar (RA), na banda Ku (13,7 GHz), apontado para o nadir e cujas medidas permitem a determinação da altitude do satélite, altura significativa das ondas, velocidade do vento na superfície oceânica e os parâmetros relativos ao gelo.

A bordo do ERS estão também dois instrumentos selecionados em função de um anúncio de oportunidades feito pela ESA, desenvolvidos e patrocinados por organizações nacionais, dos países participantes da ESA. Estes instrumentos são:

- 1) Along Track Scanning Radiometer (ATSR), que é um varredor de infravermelho para medir a temperatura superficial do mar, a temperatura do topo das nuvens e a cobertura de nuvem . Este sensor foi desenvolvido pela Inglaterra em cooperação com a França;
- 2) Precise Range and Range Rate Experiment (PRARE), é um sensor de microondas desenvolvido pela Alemanha, cujo objetivo é melhorar os dados do altímetro. A grande precisão com que se conseguirá obter a altitude do satélite permitirá estudos de circulação e aplicações geodésicas tais como topografia do solo, marinho e dinâmica da cobertura da terra.

A plataforma sobre a qual está montada o satélite é a mesma utilizada pelo programa francês SPOT.

O segmento terrestre do ERS permite, a qualquer momento, o controle e comando do satélite durante todas as fases da missão. Também se ocupa da recepção, arquivo e tratamento dos dados gerados pelos instrumentos a bordo do satélite. O segmento terrestre está formado por:

- a) um centro de controle e comando situado no Centro Europeu de Operações Espaciais, em Darmstadt, Alemanha;
- b) uma estação de recepção em Banda S em Kiruna, Suécia, apoiada pela estação de Villafranca na Espanha ;
- c) estações de recepção em Banda X, com cadeias de tratamento de entrega rápida;
- d) outros centros de recepção coordenados pela Earthnet, em Frascati, Itália, estão espalhados ao redor do mundo e que se encarregam de receber diretamente e tratar sucessivamente os dados regionais SAR. Estas estações estão localizadas nos seguintes países: Inglaterra, França, Canadá, Noruega, USA, Austrália, Argentina, Brasil, Equador, Índia, Japão e Kênia.

O ERS-2 deu continuidade ao programa e tem os mesmos objetivos do ERS-1. É possível que o sensor ATSR seja melhorado pela adição de dois canais na porção visível do espectro, para melhorar a sua capacidade de monitorar a superfície da Terra. O ERS-2 deverá também proporcionar significativa contribuição a química da atmosfera, pois, além dos sensores que estão a bordo do ERS-1 ele leva também o Global Ozone Monitoring Experiment (GOME). Este instrumento mede os traços dos gases da troposfera e estratosfera.

O programa ERS deverá contribuir também para a futura Missão da Plataforma Polar Européia.

As fotos das Figuras 33 e 34 servem para enfatizar a utilização dos dados coletados pelo satélite da série ERS.

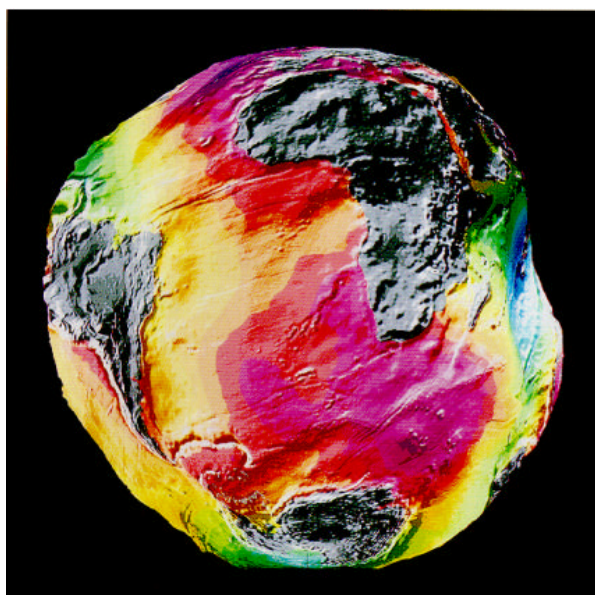


Fig. 33 –Topografia dos oceanos obtida pelo Satélite ERS.

FONTE: ESA s/data.

Com estes dados foi possível observar que a topografia dos oceanos pode variar de +85 metros, ao Norte da Austrália até –105 metros, ao sul da Índia

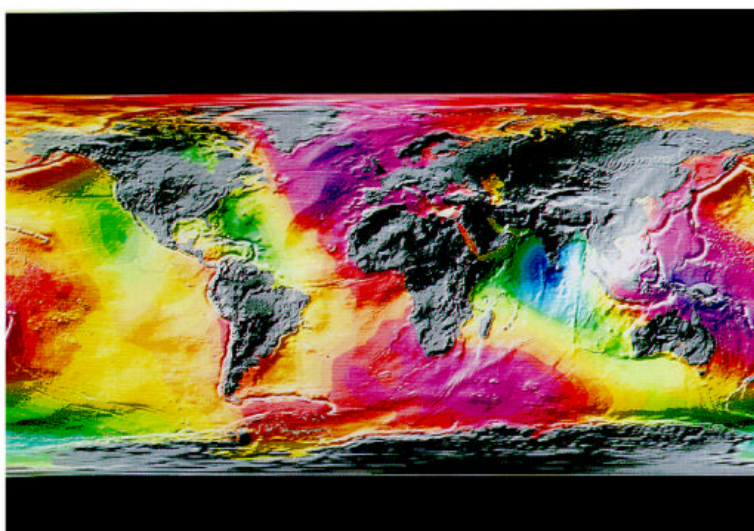


Fig. 34 – Altimetria da Terra.

FONTE: ESA s/data.

A seguir, são apresentados, na Tabela 19, algumas datas importantes da exploração espacial do século XX.

TABELA 19 – DATAS IMPORTANTES DA EXPLORAÇÃO ESPACIAL

Ano	Evento
1957	04/02 - Lançamento do primeiro satélite artificial da Terra, Sputnik 1 (83,6 kg), pela URSS
1958	01/02 - Lançamento bem sucedido do primeiro satélite artificial norte-americano, Explorer 1
1959	02/01 - Lançamento da primeira sonda lunar, Luna1 (362kg), que passou a 6.000 km da Lua em 04/01 (URSS) 13/09 - Primeiro impacto bem sucedido de uma sonda , Luna2 (350 kg), sobre a Lua (URSS) 07/10 - Primeiras fotos da face oculta da Lua, pela sonda soviética Luna3 (278,5 kg)
1960	01/04 - Lançamento do primeiro satélite meteorológico, Tiros1 (EUA) 11/08 - Primeira recuperação de um veículo espacial, a cápsula do satélite norte-americano Discovery13 12/08 - Colocação em órbita do primeiro satélite de telecomunicações (passivo), Eco1, um balão de 30m capaz de refletir ondas de rádio (EUA) 20/08 - Primeira recuperação de seres vivos (dois cães) do espaço, a bordo de uma nave soviética
1961	12/02 - Primeiro lançamento ao planeta Vênus, com a sonda soviética Venera 1 12/04 - Primeiro vôo orbital de um homem, Yuri Gagarin, a bordo da nave soviética Vostok 1 (Duração: 108 min)
1962	20/02 - Primeiro vôo orbital de um norte-americano, John Glenn, a bordo da cápsula Mercury MA-G 10/07 - Colocação em órbita do primeiro satélite ativo de telecomunicações, Telstar (EUA) 27/08 - Lançamento da sonda norte-americana, Mariner2, cumprindo a primeira missão planetária bem sucedida (sobrevôo de Vênus em 14/12 do mesmo ano)
1963	14/02 - Lançamento do primeiro satélite geostacionário Syncom 1 (EUA) 16/06 - Primeiro vôo orbital de uma mulher, Valentina Terechkova, na

	Vostok 6 (URSS)
1964	12/10 - Primeiro vôo de uma nave com mais de um tripulante (Voskhod, URSS)
1965	18/03 - Primeira saída da cabine de um homem, Aleksei Leonov, durante o vôo da nave Voskhod 2 (URSS) 26/11 - Primeira colocação em órbita de um satélite (Asterix) por um foguete francês (Diamant) 15/12 - Primeiro encontro bem sucedido, entre cápsulas norte-americanas Gemini 6 e 7
1966	03/02 - Primeira alunissagem suave bem sucedida, pela sonda soviética Luna 9 16/03 - Primeira acoplagem no espaço, entre a cápsula Gemini 8 e um alvo Agena (EUA)
1968	21/09 - Primeira recuperação de um aparelho proveniente da região lunar, a sonda soviética Zond-5 21-27/12 - Primeira missão lunar pilotada (Apolo8, EUA)
1969	21/07 - Primeiro desembarque humano na Lua (Ney Armstrong, Aldrin), missão Apolo 11 (EUA)
1970	11/02 - O Japão lança um satélite por seus próprios meios 24/04 - A China lança um satélite por seus próprios meios
1971	19/04 - Lançamento da primeira estação orbital, Salyut 1 (URSS)
1972	03/03 - Primeiro lançamento de uma sonda (Pionner 10) para Júpiter (EUA) 23/07 - Colocação em órbita do primeiro satélite para estudo dos recursos terrestres, Landsat (EUA)
1973	14/05 - Satelização da primeira estação orbital norte-americana, Skylab
1975	17/07 - Encontro espacial Apolo-Soyus (EUA e URSS)
1976	20/07 - Primeiro pouso suave em Marte, pela sonda norte-americana Viking 1
1977	20/08 - Primeiro lançamento de uma sonda (Voyager 2) para Júpiter e Saturno (EUA) 05/09 - Lançamento da Voyager 1 (EUA)
1978	22/01 - Primeiro reabastecimento de uma estação orbital, Salyut 6, por

	uma nave automática Progress 1 (URSS) 24/12 - Primeiro lançamento bem sucedido do foguete europeu Ariane
1981	12-14/04 - Primeiro vôo do ônibus espacial norte-americano Columbia
1983	28/11-8/12 - Primeiro vôo do laboratório espacial europeu Spacelab
1984	11/04 - Primeiro concerto no espaço de um satélite artificial (SMM, norte-americano)
1986	24/01 - Primeiro sobrevôo de Urano (82.000 km por uma sonda espacial (Voyager 2, EUA) 28/01 - Explosão do ônibus espacial norte-americano Challenger, após a decolagem (25º vôo), e morte dos sete tripulantes 08-13/03 - Sobrevôo do cometa Halley pelas sondas Vega 1 e Vega 2 (URSS), Giotto (Europa), Suisei e Sakigake (Japão)
1988	21/12 - Retorno a Terra de Mousa Manarov e Vladimir Titov (URSS), que permaneceram a bordo da estação espacial MIR por 365d 22h 30min (recorde de permanência no espaço)
1989	19/10 - Lançamento da nave espacial automática Galileu (EUA), destinada à exploração de Júpiter
1990	13/02 – Primeira foto do sistema solar a uma distância de 6 bilhões de km do Sol, feita pela Voyager 1 24/04 - O telescópio espacial Hubble é colocado em órbita pelo ônibus espacial Discovery
1991	02/12 – Primeiro vôo orbital simultâneo realizado por naves espaciais do EUA e da ex-URSS
1992	Lançamento do ônibus espacial Discovery transportando o Laboratório Internacional de Microgravidade
1993	5-9/12 - Reparação no espaço do telescópio espacial Hubble.
1994	Primeira identificação de um buraco negro e confirmação de formações planetárias graças ao telescópio espacial Hubble. Primeira observação de um cometa se chocando com o planeta Júpiter, o Shoemaker-Levy 9
1995	Dezembro - Primeira sonda espacial a penetrar na atmosfera de Júpiter, A Galileu, lançada em 1989, atingiu Jupiter e seus satélites enviando fotos e dados.

Bibliografia e SITE's consultados

EROS Data Center: Time present, time past, and now time future, Sioux Fall, South Dakota. 1990.

European Space Agency (ESA) Del ERS-1 al ERS-2. Destino: la Tierra. Paris, s.d.

European Space Agency (ESA) Meteosat. There in all weather, Paris, s.d.

<http://www.dgi.inpe.br/html/spot.htm>

<http://www.cnpm.embrapa.br/satelite/saci.html>

<http://www.labvis.unam.mx/labvis/Estacio.html>

<http://www.spaceimaging.com/ikonos/anniversary/default.htm#>

<http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

<http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

<http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

<http://www.astronomopage.hpg.com.br/hda.htm>

<http://www.inpe.br/programas/mecb/Port/fotos/satelite.htm>

http://www.nasda.gov.jp/index_e.html

www.lyngsat.com/tracker/inze.shtml

<http://www.dsa.inpe.br/tiros.htm>

<http://snig.cnig.pt/ROT/english/radsens.html>

<http://www.cnpm.embrapa.br/satelite/irs.html>

<http://www.spot.com/>

NASA. Landsat data user handbook, Greenbelt, MD, 1976.

NASA Comercial use of space: a new economic strength for America, NASA's office of Commercial Programs, Washington, MD. s.d. (DC 20546)

NASA: Goddard Space Fligth Center. EOS AM Spacecraft, Greenbelt, 1992 (MD 20771).