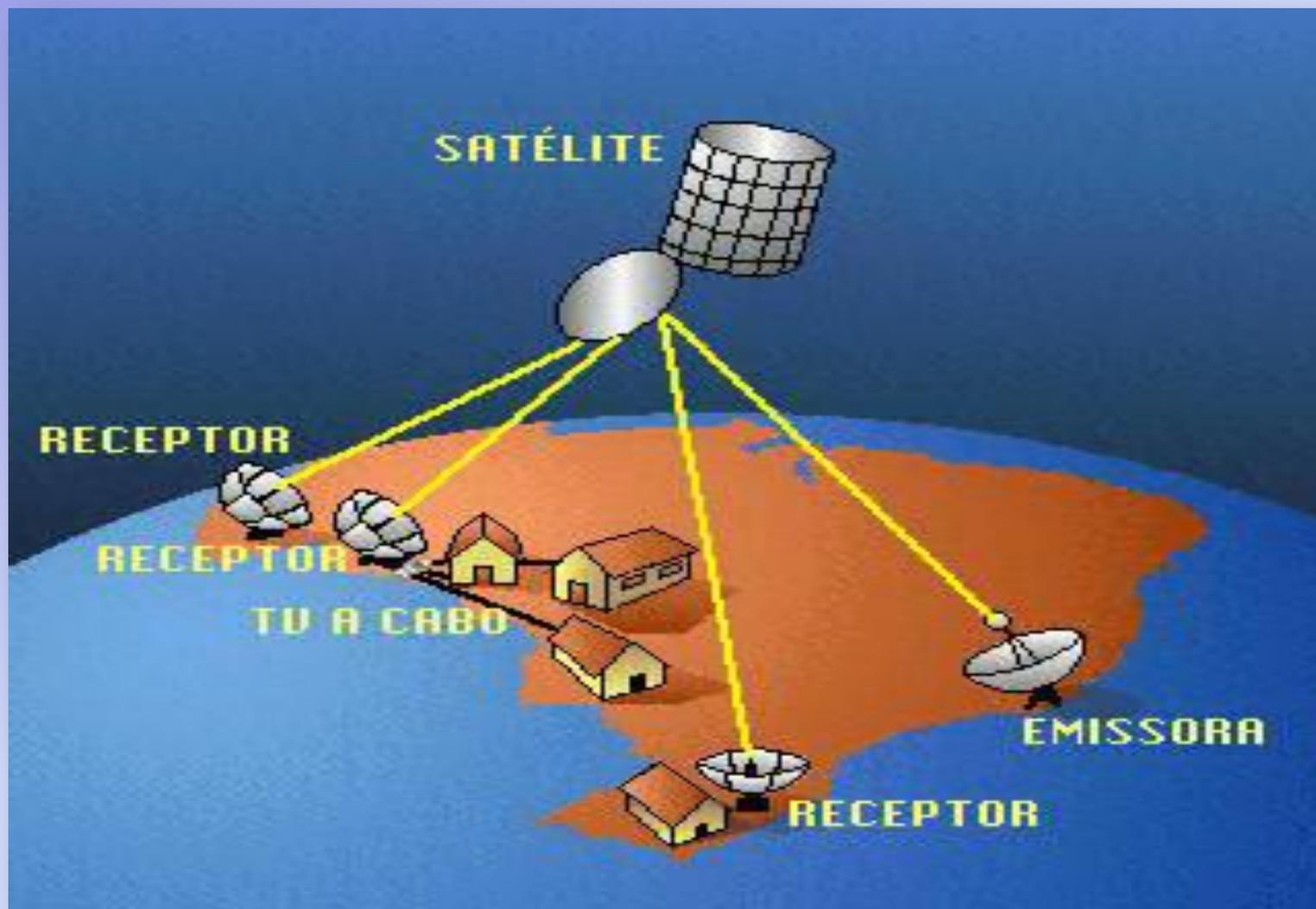


A satellite with solar panels is shown in orbit above the Earth's surface. The background features a faint grid pattern and a light blue gradient.

# Sistemas Orbitais

Prof<sup>a</sup>. Rosa Maria Piccoli da Cunha



## SATÉLITE, LANÇAMENTO – INTERATIVO

◀ VOLTAR | COPIAR | IMPRIMIR | AJUDA | \_ | X

Atualmente, estão em órbita cerca de 220 satélites de comunicação. A maioria localiza-se a cerca de 36 mil quilômetros de altitude, entre eles o Brasilsat B2. Os satélites são lançados através de foguetes, por exemplo o francês Ariane LP.



# Sistemas Orbitais

Sistemas orbitais aqueles que adquirem dados através de sensores a bordo de satélites artificiais.

Os satélites artificiais são divididos em 6 categorias:

**Satélites de comunicação:** Estações na superfície enviam sinais de telefone e TV para o satélite, que os retransmite para outras estações. Os satélites podem enviar sinais para um continente inteiro ou apenas para áreas determinadas.

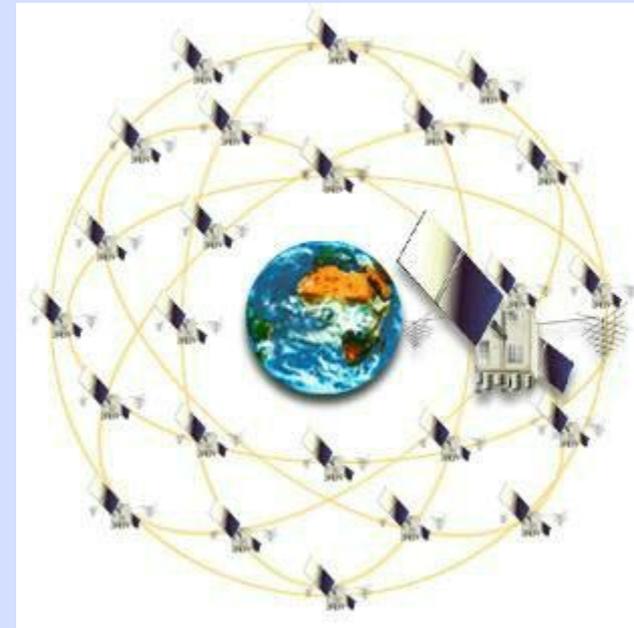
**Satélites Meteorológicos:** Os satélites meteorológicos medem temperaturas, registram velocidades do vento e movimentos das nuvens e fotografam nuvens de chuva, ajudando os meteorologistas a prever o tempo.

**Satélites de levantamento de recursos terrestres:** Os satélites de levantamento de recursos terrestres estudam as condições da superfície do planeta.

**Satélites Astronômicos:** Os satélites astronômicos fornecem informações sobre o espaço que não podem ser obtidas da Terra. Estudam o campo magnético da Terra, seus cinturões de radiação e o vento solar.

**Satélites de Navegação:** Uma rede de satélites de navegação mundial permite que uma pessoa determine sua posição com erro de poucos metros. O sistema americano de posicionamento global NAVSTAR usa 24 satélites. Cada um transmite sua posição e hora.

Os satélites NAVSTAR, a rede americana que revolucionou a navegação aérea e marítima, levam relógios atômicos tão exatos que só ganharão ou perderão um segundo daqui a 300 mil anos.

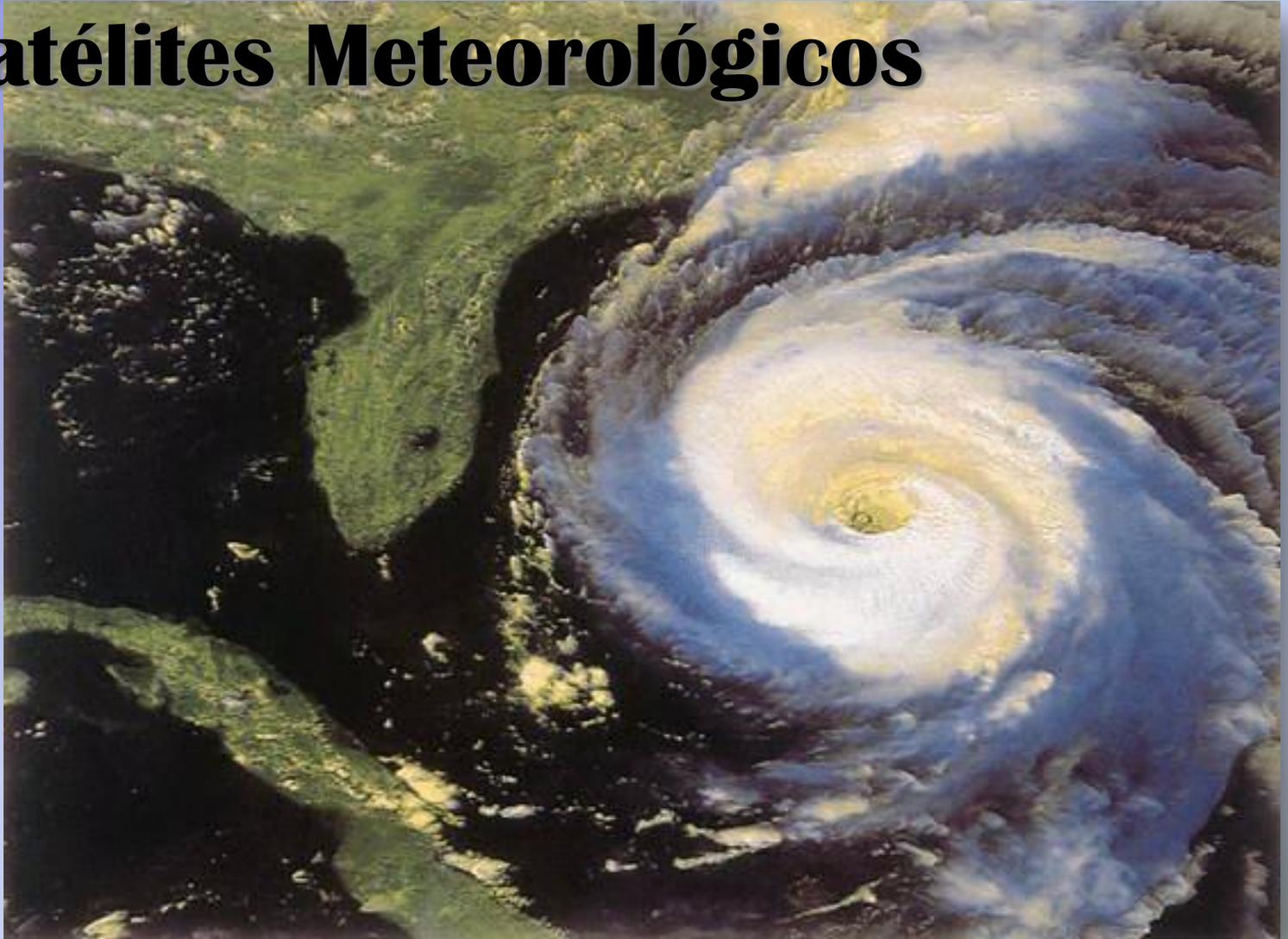


**Satélites Militares:** Satélites são plataformas ideais para missões de espionagem. Alguns levam câmeras poderosas para registrar posições militares e movimentos de tropas.

## Satélites de importância para Sensoriamento Remoto:

- Satélites Meteorológicos;
- Satélites de Recursos Terrestres;
- Satélites GPS.

# Satélites Meteorológicos

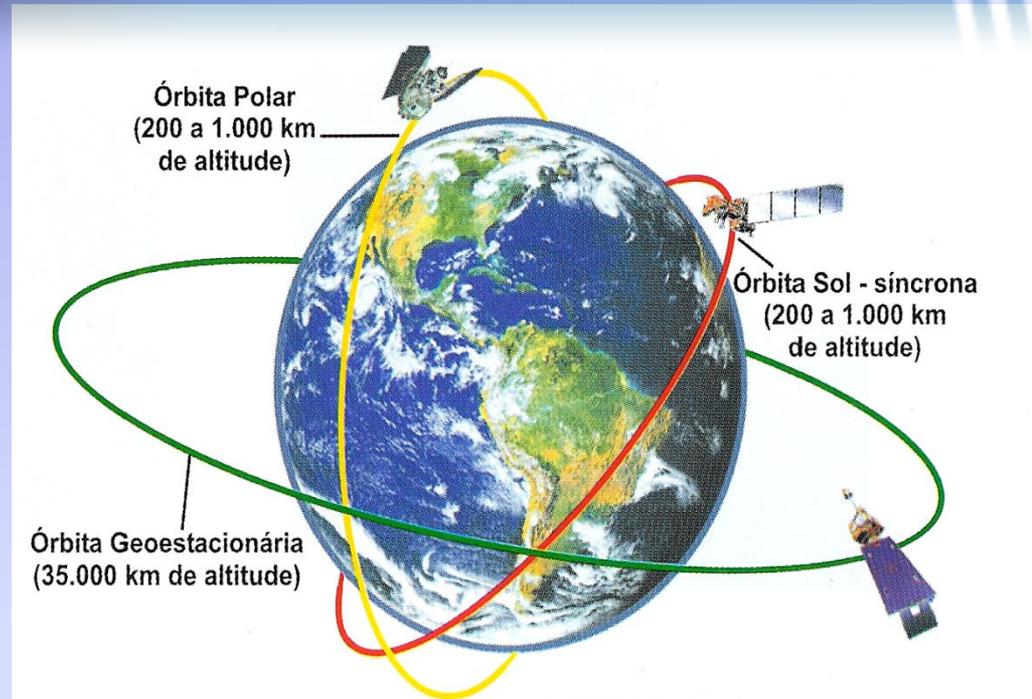


## Satélites Meteorológicos

### Órbita Geoestacionária

GOES(35800Km) – órbita com inclinação de  $0^{\circ}$  e acima do Equador – mantendo sempre a mesma posição em relação a um ponto fixo na superfície, dando a impressão de que ele está estacionado no espaço.

(imagens sempre da mesma face da Terra) (livro pag 24)



### Órbita Polar

NOAA (800Km) – de um pólo a outro, com uma inclinação de  $90^{\circ}$ , tendo uma direção circular norte-sul que permite observar toda a superfície da Terra.

## GOES E METEOSAT

Satélites meteorológicos de órbita geoestacionária localizados em órbitas altas (36000 Km acima da Terra) no plano do Equador, deslocando-se com a mesma velocidade angular e direção do movimento de rotação da Terra. Seus sensores coletam dados constantemente de uma mesma área da superfície terrestre.

**GOES** (*Geostationary operational Enviromental Satellite*) operado pelo *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)* – fornecem imagens a cada 30 minutos.

O sensor opera em um canal visível, com uma resolução espacial de 1 Km e 4 canais no infravermelho, com resolução espacial de 4 a 8 Km.

**METEOSAT** (*Meteorological Satellite*), operado pela *ESA (European Space Agency)*,

## **NOAA**

Possui órbita polar (com altitude que varia de 830 a 870Km), síncrono com o Sol, ou seja, sua velocidade de deslocamento perpendicularmente ao plano do Equador é tal que sua posição angular com relação ao Sol é constante ao longo do ano, possibilitando passar pela mesma região sempre no mesmo horário.

Desenvolvido a partir de 1960, para estudos ambientais, como situação da camada de ozônio, chuvas ácidas ou alerta de acidentes como tufões, maremotos e furacões, podem ser feitos por este satélite.

O sensor AVHRR, opera em cinco canais e fornece imagens a cada 6 horas, com resolução espacial de 1,1Km. Com largura de faixa imageada de aproximadamente 2500 Km.

- Os satélites NOAA-12,14 a 17 , fazem a cobertura do globo terrestre. O acesso às imagens obtidas pelo AVHRR-NOAA é rápido, em tempo real, irrestrito e sem custo. Essas imagens cobrem uma área da superfície terrestre de aproximadamente 2500 por 4000Km.

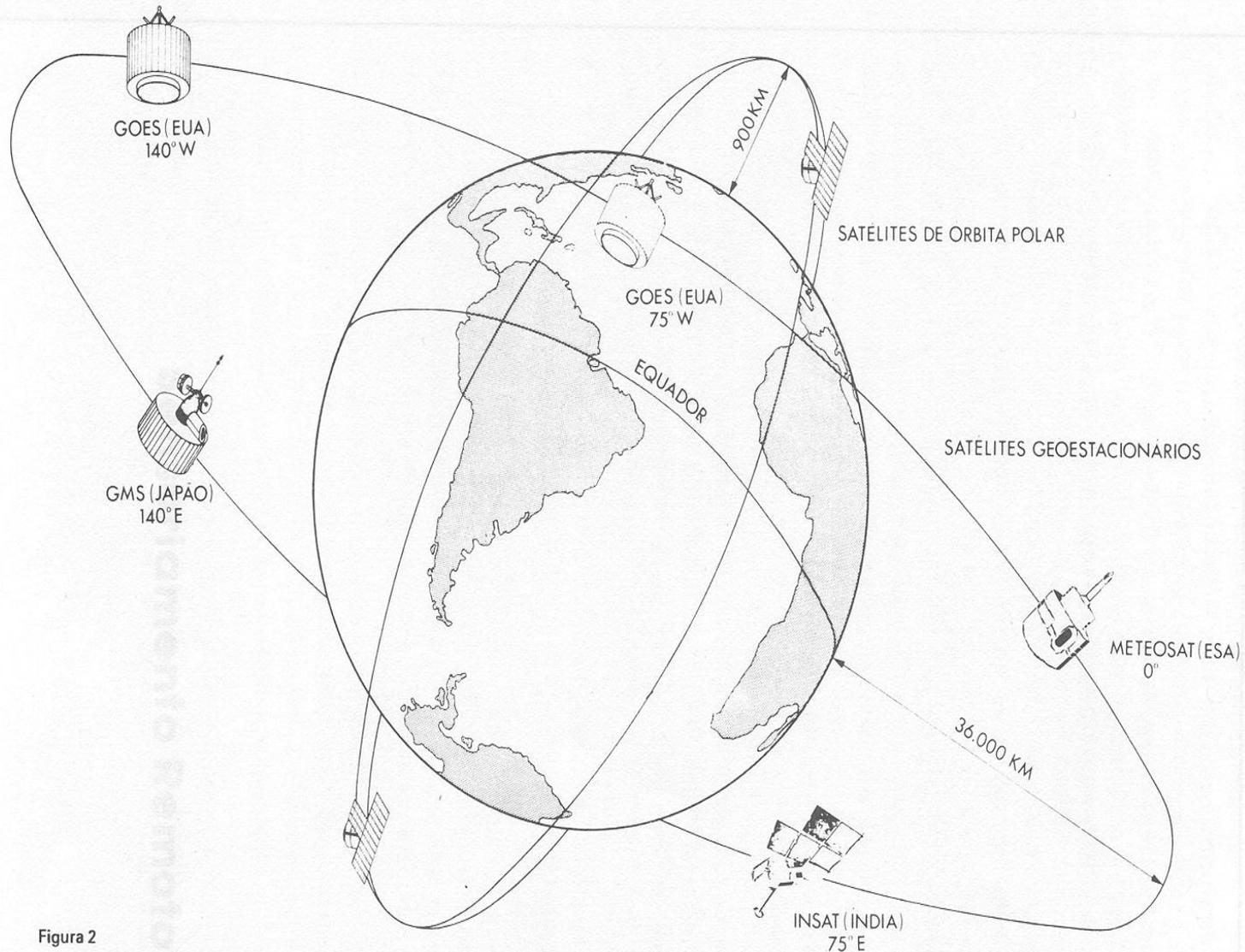


Figura 2

# Satélites de Recursos Terrestres



# Satélites de Recursos Terrestres

## Órbita Circular



Landsat (700Km) – órbita circular, quase polar e síncrona com o Sol. O satélite se desloca em torno da Terra com a mesma velocidade de deslocamento da Terra em relação ao Sol, o que garante as mesmas condições de iluminação para a superfície terrestre e a passagem aproximadamente no mesmo horário no local sobre os diferentes pontos da Terra.

Destacam-se os satélites americanos da série Landsat e os franceses da série Spot.

## Satélites com sensores de alta resolução

- **EROS** – israelense
- **IKONOS e QuickBird** – americanos
- **EOS - Earth Observing System** – Sistema de Observação da Terra.

# EOS

## Sistema de Observação da Terra

Sistema ambiental composto por satélites e sensores terrestres:

Satélite TERRA (EOS- AM -1) – Lançado em 18/12/1999, em órbita circular, quase polar, heliossícrona, a 705Km de altitude.

Sensores a bordo:

**ASTER** – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – Radiômetro Espacial Avançado de Emissão Termal e Reflexão

# EOS

## Sistema de Observação da Terra

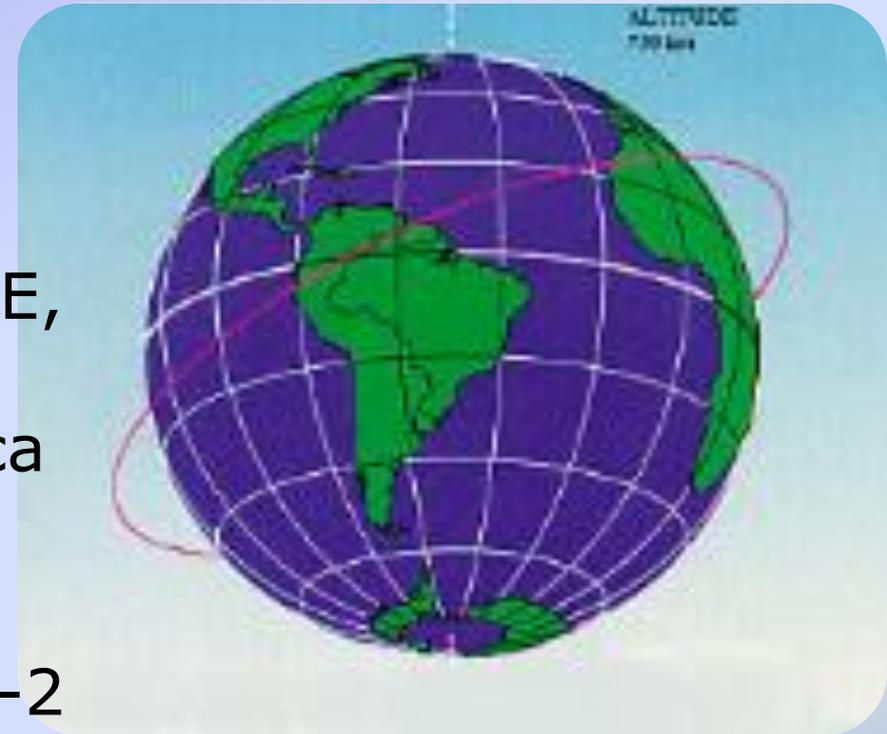
- Programa ambiental com satélites e sensores na Terra:
- Satélite TERRA – (EOS-AM-1) – lançado em 18/12/1999, com órbita circular, quase polar, heliossícrona, a 705Km de altitude.
- Cinco sensores no satélite.
- Destaque – ASTER – Radiômetro espacial Avançado de Emissão Termal e Reflexão. Composto de 3 subsistemas:

<b>Operação / Canais</b>	<b>Resolução Espacial</b>
3 canais na região do visível e infravermelho próximo	15m
6 canais na região do infravermelho médio	30m
5 canais na região do infravermelho termal	90m

Os 3 cobrem uma área de 60x60Km

## Landsat

- O Brasil recebe imagens LANDSAT desde 1973, através de uma antena da estação de recepção do INPE, localizada em Cuiabá-MT- Centro geodésico da América do Sul.
- O Brasil recebe também imagens dos satélites SPOT-2 e 4 RADARSAT-1 e CBERS-1.



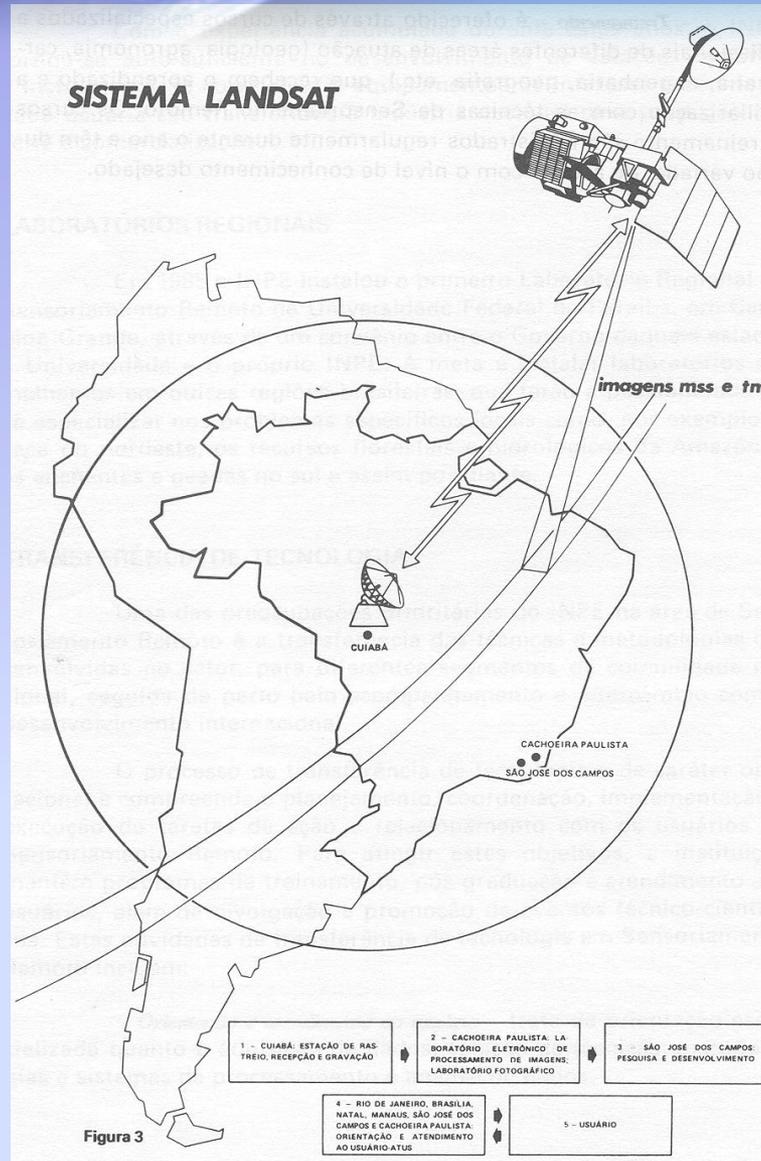


Figura 3

## Recepção de Imagens

- Dados digitais –recebidos em Cuiabá →
- Laboratório do INPE –Cachoeira Paulista
- (corrigidos e transformados em imagem) →
- INPE – fornece imagens no formato digital em CD-ROM .
- INPE-São José dos Campos –SP - DSR(Divisão de SR) – desenvolvidas pesquisas com o objetivo de explorar as imagens no estudo de fenômenos e ambientes terrestres.

**Sistema Landsat** → Canal = banda espectral Resp. NASA

Satélite	Lançamento	Sensores	Operação	Resolução Espacial
Landsat1 Landsat2 Landsat3	1972	MSS – Multispectral Scanner System	4canais – 2 no visível e 2 infravermelho próximo	80m
Landsat 4	1982	MSS e TM Thematic Mapper	7canais – 3 no visível 1 infravermelho próximo 2 infravermelho médio 1 infravermelho termal	30m  Termal – 120m
Landsat 5	1984	== anterior		
Landsat 6	1993	perdido		
Landsat 7	1999	TM → ETM Enhanced thematic mapper, plus		

# Landsat 7

## ○ sensor ETM+ inclui:

- um canal pancromático (PeB) ( da região do visível e infravermelho próximo) com resolução espacial de 15m
- Um canal termal com resolução espacial de 60m.

## ○ Satélite:

- Cada imagem obtida cobre uma área de 185x185Km.
- Órbita circular, quase polar e síncrona com o Sol.
- Altitude de 705Km
- Resolução temporal de 16 dias

## SISTEMA LANDSAT

O LANDSAT foi colocado em órbita em 1972, com nome de Erts-1 (*Eath Resources Technological Satellite-1*), com um desempenho tão significativo que foi transformado na série LANDSAT.

O LANDSAT 5 já está operando desde 1984, muito além da vida útil prevista na época do lançamento. Trabalha com sensores TM (*Thematic Mapper*) e MSS (*Multispectral Scanner System*), com, respectivamente, sete e quatro bandas em cada. A melhor resolução espacial obtida é de 30 m. O LANDSAT 6 foi lançado em 1993 e perdeu-se no mar.

## SISTEMA LANDSAT

O LANDSAT 7 foi lançado em 1999, com os sensores ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) e PAN (pancromático), operando com sete canais multispectrais e um canal PAN, respectivamente. A banda PAN consegue resoluções espaciais de até 15 m, possibilitando escalas de até 1:25000. Os satélites LANDSAT 5 e 7 encontram-se a uma altura de 705 Km.

A operação do satélite em órbita é administrada pela NASA (*National Space and Space Administration*) e sua produção e comercialização de imagens fica sob os cuidados da USGS (*United States Geological Survey*). No Brasil, o INPE e algumas empresas privadas comercializam as imagens. Estas cenas cobrem uma área de 185 x 185 Km (34225 Km<sup>2</sup>).

# Faixas Espectrais do LANDSAT 5 E 7

BANDA (Canais)	FAIXA Região Espectral		RESOLUÇÃO
PAN (ETM+) apenas LANDSAT 7	0.50 a 0.90 $\mu\text{m}$	VIS e IVP	15m
1 (TM e ETM+)	0.45 a 0.52 $\mu\text{m}$	Azul	30m
2 (TM e ETM+)	0.52 a 0.60 $\mu\text{m}$	Verde	30m
3 (TM e ETM+)	0.63 a 0.69 $\mu\text{m}$	Vermelho	30m
4 (TM e ETM+)	0.76 a 0.90 $\mu\text{m}$	IVP	30m
5 (TM e ETM+)	1.55 a 1.75 $\mu\text{m}$	IVM	30m
6 (TM)	2.08 a 2.35 $\mu\text{m}$	IVdistante	120m
6 (ETM+) ??	2.08 a 2.35 $\mu\text{m}$	IVdistante	60m
7 (TM e ETM+)	10.4 a 12.5 $\mu\text{m}$ ?? (ver)	IVT	30m

Banda	Intervalo Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Principais características e aplicações das bandas TM do LANDSAT
1	0.45 – 0.52	<p>Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos.</p> <p>Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (caratenóides).</p> <p>Apresenta sensibilidade a nuvens de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial.</p> <p>Pode apresentar atenuação pela atmosfera.</p>
2	0.52 – 0.60	<p>Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade.</p> <p>Boa penetração em corpos de água.</p>
3	0.63 – 0.69	<p>A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação.</p> <p>Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal.</p> <p>Permite a análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal.</p> <p>Permite o mapeamento de drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal.</p> <p>É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos.</p> <p>Permite a identificação de áreas agrícolas.</p>
4	0.76 – 0.90	<p>Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água.</p> <p>A vegetação verde, densa e uniforme reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens.</p> <p>Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas.</p> <p>Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia</p> <p>Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais.</p> <p>Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto.</p> <p>Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que forma queimadas.</p> <p>Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas.</p> <p>Permite a identificação de áreas agrícolas.</p>
5	1.55 – 1.75	<p>Apresenta sensibilidade a teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação causado por desequilíbrio hídrico.</p> <p>Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.</p>
6	10.4 – 12.5	<p>Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.</p>
7	2.08 – 2.35	<p>Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.</p> <p>Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas.</p> <p>Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.</p>

## Combinações de Bandas do LANDSAT

- **Bandas 1, 2 e 3:** imagens em cor natural, com boa penetração de água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos. A vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.
- **Bandas 2, 3 e 4:** definem melhor os limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas profundas, e mostrando as diferenças na vegetação, aparece em tonalidades de vermelho.
- **Bandas 3, 4 e 5:** mostram mais claramente os limites entre solo e água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde-rosa.
- **Bandas 2, 4 e 7:** mostram a vegetação em tons verde e permitem discriminar a umidade tanto na vegetação como no solo.

# Sistema SPOT

## Resp.

Satélite	Lançamento	Sensores	Operação	Resolução Espacial
SPOT -1	1985	HRV (Haute Resolution Visible)	Região do visível Modo PAN Pancromático – 0.51 a 0.73 $\mu\text{m}$	10m
			Multiespectral-XS: 2 canais visível: XS1- 0.50 a 0.59 $\mu\text{m}$ XS2- 0.61 a 0.68 $\mu\text{m}$ 1 canal infravermelho próximo XS3 – 0.79 a 0.89	20m
SPOT -2	1990			
SPOT-3	1993			

Faixa imageada de 60x60Km  
Resolução Temporal de 26 dias

Satélite	Lançamento	Sensores	Operação	Resolução Espacial
SPOT -4	1998	HRVIR (Haute Resolution Visible et Infra Rouge)	Região do visível – canais: PAN – 0.61 a 0.68 $\mu\text{m}$ ( Vermelho)	10m
			B1 – 0.50 a 0.59 $\mu\text{m}$ (Verde) B2 – 0.61 a 0.68 $\mu\text{m}$ (Vermelho) B3 – 0.78 a 0.89 $\mu\text{m}$ (IVP) MIR – 1.58 a 1.75 $\mu\text{m}$ (IVM)	20m
			VGT – Vegetation – canais: B0 – 0.43 a 0.47 $\mu\text{m}$ B2,B3 e MIR do HRVIR	1Km

Faixa imageada de 60x60Km  
Resolução Temporal de 26 dias

## **SISTEMA SPOT**

O programa SPOT (*Systeme Probatoire d' Observation de la Terre*), foi concebido como um sistema comercial, no qual as imagens são adquiridas apenas sob encomenda. Para atender à comercialização dos seus produtos foi criada a empresa privada SPOT Image, com sede na França e filiais pelo mundo inteiro, inclusive no Brasil.

O primeiro satélite SPOT-1 foi lançado em 1996, o segundo SPOT-2 em 1990, e o terceiro SPT-3 em 193. Os três satélites têm características idênticas. O SPOT-4 foi lançado em 1998, incorporando mais um canal n modo multi-espectral (XS) centrado em 1,66 mm e um novo sensor VEGETATION para monitoramento de vegetação. A continuidade do programa está praticamente assegurada até depois do ano 2000.

O Brasil assinou um contrato pela transmissão dos dados do SPOT em novembro de 1993. Por esse contrato, o INPE deixa de pagar pela transmissão de dados pelo satélite e a comercialização é feita por empresa licenciada pela SPOT Image. O INPE recebe os dados enviados pelo satélite conforme a identificação de interesses dos clientes da empresa distribuidora e esta paga ao INPE por imagem fornecida.

## CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA SPOT

Os satélites SPOT 1, 2 e 3 são idênticos nas suas especificações. O SPOT 4 tem características técnicas melhoradas, com mais uma banda centrada (1,66 nm) e um novo sensor VEGETATION com bandas espectrais idênticas, porém com baixa resolução (1165 Km).

O satélite SPOT apresenta características de repetitividade, isto é, observa a mesma área a cada 26 dias em visada vertical. Com utilização das possibilidades de visada lateral (27 para o leste ou para oeste) é possível baixar este período para 3 dias (9 vezes a cada ciclo orbital no Equador).

Uma imagem inteira do satélite SPOT representa no solo uma área de abrangência de 60 x 60 Km com visada vertical. No caso de visada lateral máxima (27), essa área chega a 60-80 Km (sendo deformada no sentido leste - oeste), conseguindo-se superposição entre as imagens e possibilitando obter a estereoscopia.

Banda	Intervalo (µm)	Principais características e aplicações das bandas dos satélites SPOT
P	(0,51 – 0,73)	Esse modo espectral produz imagens com uma única banda espectral que é restituída sempre em preto e branca. Ela privilegia a fineza geométrica da imagem e permite discriminar detalhes finos, do tamanho do pixel (ponto elementar da imagem) que é de 5 x 5 m ou 25 m <sup>2</sup> .
XS1	(0,50 – 0,59)	Apresenta sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
XS2	(0,61 – 0,68)	<p>A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação. Permite a análise de variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal.</p> <p>Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata, galeria dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal.</p> <p>É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos.</p> <p>Permite a identificação d áreas agrícolas.</p>
XS3	(0,79 – 0,89)	<p>Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água.</p> <p>A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens.</p> <p>Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas.</p> <p>Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.</p> <p>Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais.</p> <p>Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto.</p> <p>Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas.</p> <p>Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas.</p> <p>Permite a identificação de áreas agrícolas.</p>

## SPOT 5

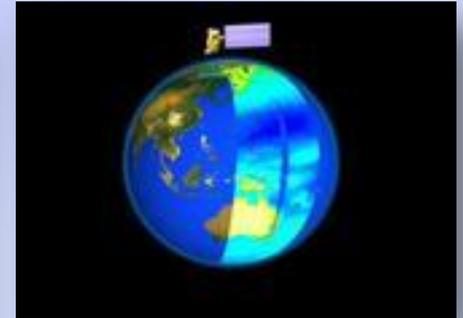
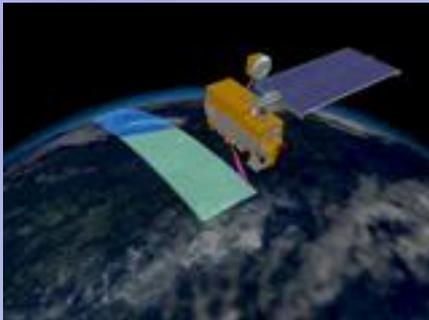
Com uma resolução espacial de 2,5 m, mantendo a mesma faixa imageada de 60 Km dos antecessores, este satélite combina, simultaneamente, detalhamento e cobertura. Os dois novos instrumentos HRG (*High Resolution Geometric*), imagem com 5 m de resolução no modo PAN, 10 m no modo multiespectral (4 bandas) e 2,5 m no supermode. Este modo consiste em duplicar e deslocar 1/2 pixel os detectores CCD do modo pancromático, permitindo que sejam captadas duas vezes mais informações da área imageada. Posteriormente, utilizando técnicas de processamento de imagens, atinge-se a resolução de 2,5 m. Os instrumentos HRG recobrem uma faixa de 60 Km no solo, dentro de um corredor potencial de visibilidade de aproximadamente 420 Km.

## SPOT 5

A grande inovação fica por conta dos dois instrumentos HRS (*High Resolution Stereoscopic*), projetados com um ângulo de visada de  $20^\circ$ , possibilitando que um imageie na frente do satélite e o outro atrás deste, a 90 segundos de intervalo, adquirindo pares estereoscópicos de maneira sistemática numa mesma órbita. Estes pares, após processamento específico, resultarão em Modelos Numéricos do Terreno de 10 m de precisão altimétrica.

A precisão absoluta de localização deste sistema, sem uso de pontos de controle, é melhor que 50 m. Isto é possível devido a um sensor de estrela que é levado a bordo do conjunto. Esta característica é fundamental no imageamento de áreas remotas, restritas ou de difícil acesso. O tempo de revista de um satélite SPOT varia de 3 a 5 dias. Contudo, a constelação atual (SPOT 1, 2, 3, 4 e 5) possibilita o acesso a qualquer ponto da Terra em menos de 24 horas, garantindo a freqüência de revista diária.

## Faixas Imageadas



## Painel Solar

