



Introdução ao Sensoriamento Remoto

Disciplina:

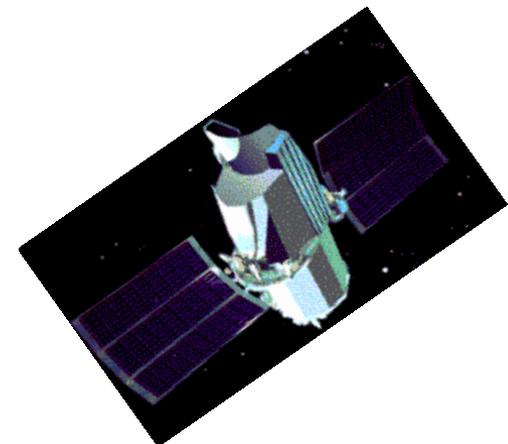
Introdução a Geoprocessamento

Professora:

Iana Alexandra Alves Rufino – UFCG

Adaptado:

Antonio Estanislau Sanches – UEA/N Lins



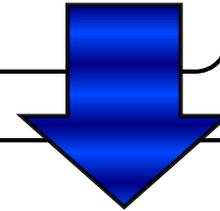
Sensoriamento Remoto

- Definição;
- Breve Histórico;
- Princípios do SR;
- Espectro Eletromagnético;
- Interação Energia com a Terra;
- Sensores & Satélites;



O que é Sensoriamento Remoto?

É a tecnologia que permite a obtenção de imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre.



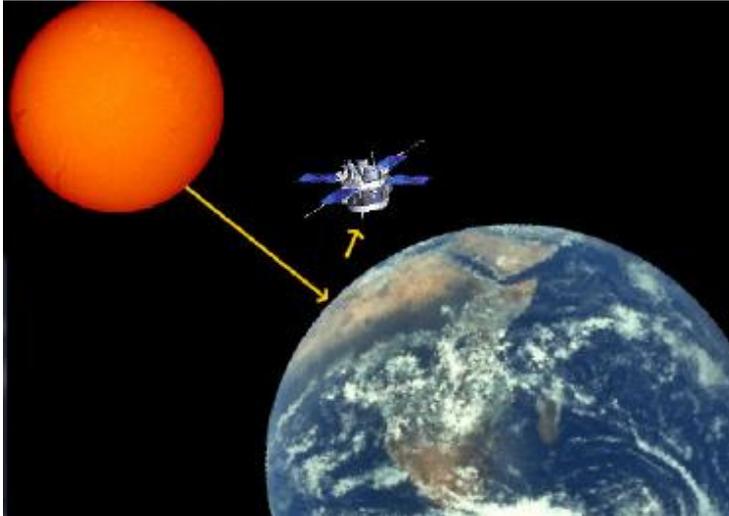
É feita a distância, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

Sensoriamento  Obtenção de dados

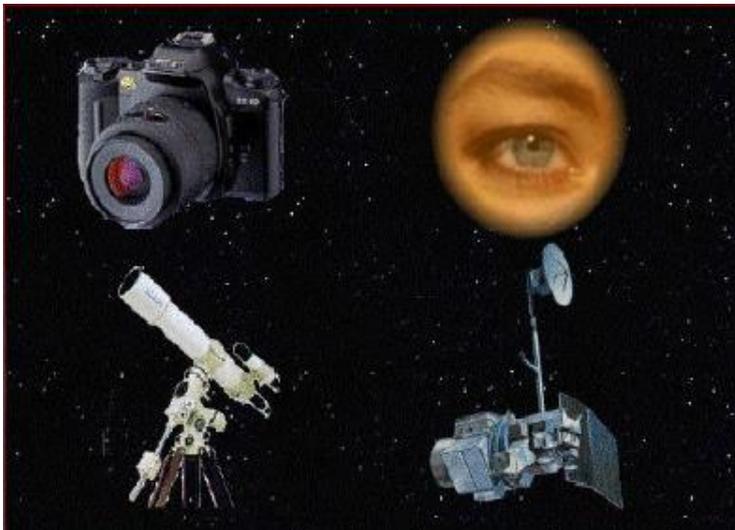
Remoto  Distante



Sensoriamento Remoto

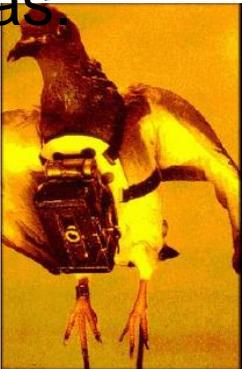


Satélites, câmaras, telescópios e até nossos olhos são ferramentas utilizadas para analisar objetos à distância.



Breve Histórico

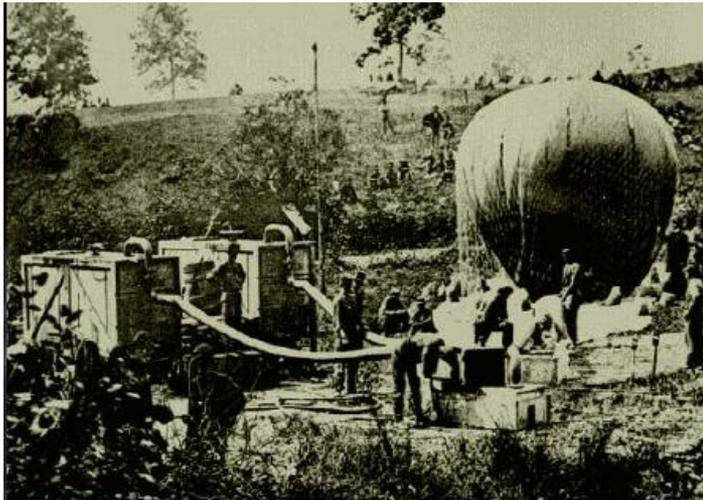
- A origem do SR vincula-se ao surgimento da fotografia aérea;
- Assim, a história pode ser dividida em dois períodos:
 - 1860-1960
 - 1960- aos dias atuais
- O SR é fruto de um esforço multidisciplinar que integra os avanços na Matemática, Física, Química, Biologia, Computação, entre outras.



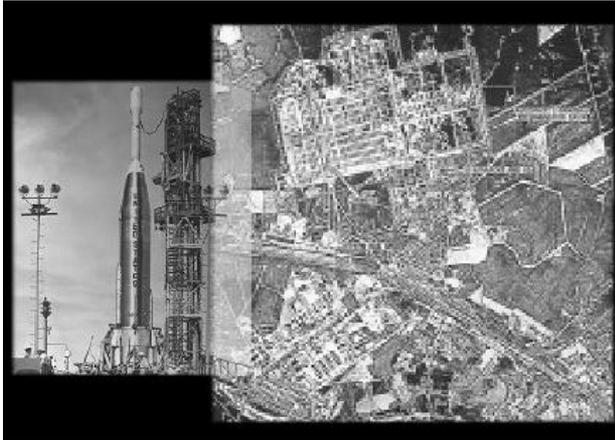
Breve Histórico



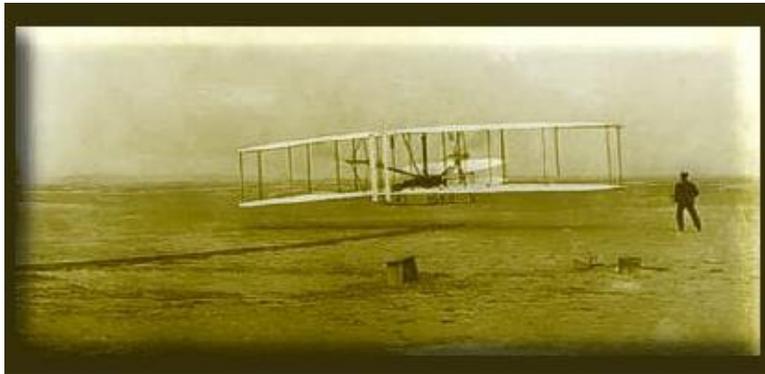
- As fotografias foram os primeiros produtos do SR;
- Pouco depois câmaras começaram a ser montadas em balões de ar quente.
- Tal técnica foi usada durante a Guerra Civil dos EUA (1862) para reconhecimento do território.



Breve Histórico



- Em 1890 foguetes foram lançados para obter fotografias aéreas, mas com baixa resolução;
- Em 1909, inicia-se a fotografia tomada por aviões e na Primeira Grande Guerra Mundial seu uso intensificou-se;
- Na II Guerra Mundial houve grande desenvolvimento do SR, nesse período:
 - Foi desenvolvido o filme infravermelho, para detectar camuflagem;
 - Foram introduzidos novos sensores, como radar;



Breve Histórico



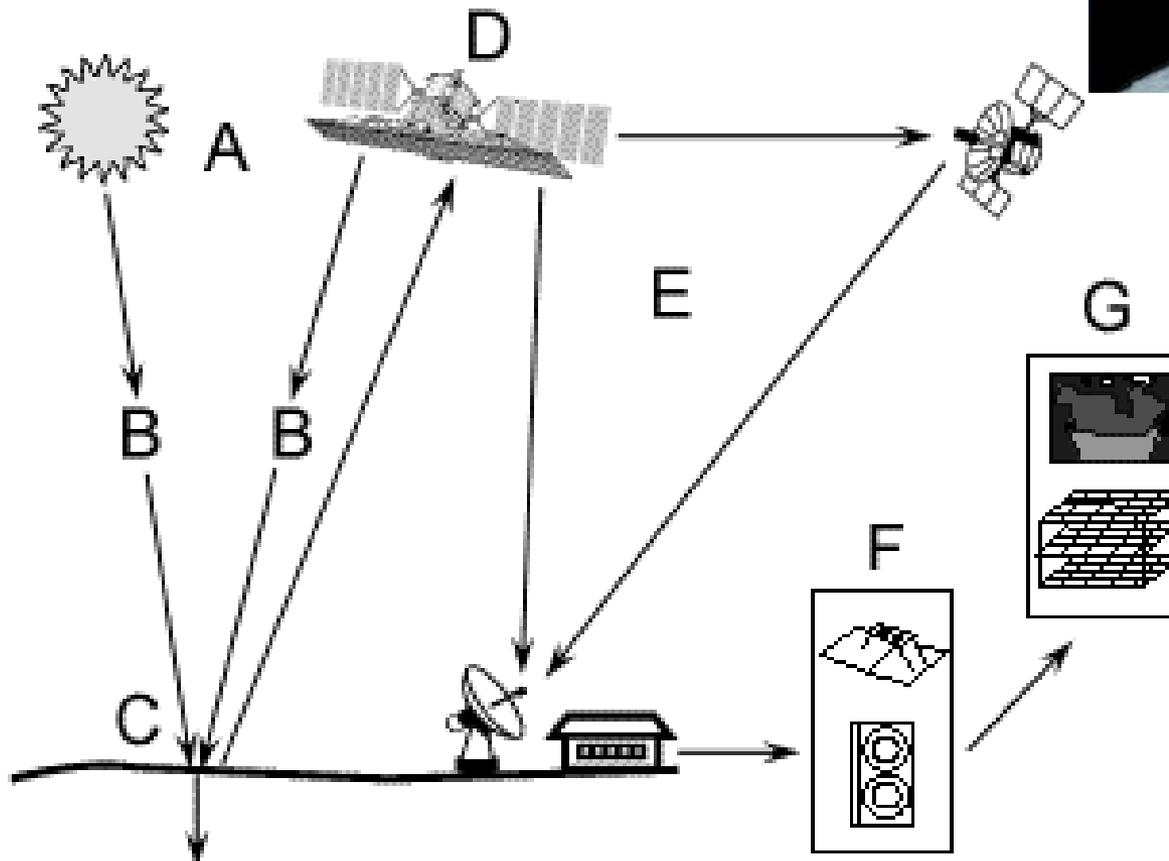
- Durante a Guerra Fria foram desenvolvidos sensores de alta resolução;
- Em 1960 foram obtidas as primeiras fotografias tiradas de satélite (tripulados);
- Incentivo para construção de satélites meteorológicos e de recursos terrestres.
- Lançamento do primeiro satélite meteorológico – TIROS, data de 1960;
- Em 1972, foi lançado o ERTS-1 – primeiro satélite de recursos terrestre. Mais tarde denominado de LANDSAT – 1;
- Em 1973, o Brasil recebeu as primeiras imagens do LANDSAT;
- No fim da década de 80 – Cooperação Brasil/China – lançamento do CBERS.

Princípios do SR

- Em geral, o SR basea-se na coleta e na análise da radiação emitida pela **FONTE DE ENERGIA** e refletida pela superfície terrestre;
- Fontes de Energia em SR
 - **Naturais:**
Luz do sol e o calor emitido pela superfície da terra
 - **Artificiais:**
Flash de uma máquina fotográfica, sinal produzido por um radar, etc.



Princípios do SR



- A - Fonte de energia
- B - Atmosfera
- C - Alvo
- D - Plataforma /Sensor
- E - Transmissão
- F - Processamento /Análise
- G - Informação

Passos para o estudo do Sensoriamento Remoto.
Fonte: CCRS (2005)

Espectro Eletromagnético

No SR deve ter uma fonte de energia para iluminar o objeto . A esta energia dá-se o nome de radiação eletromagnética.

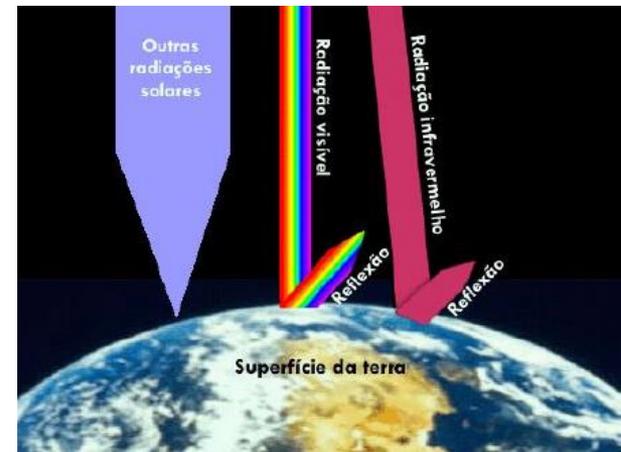
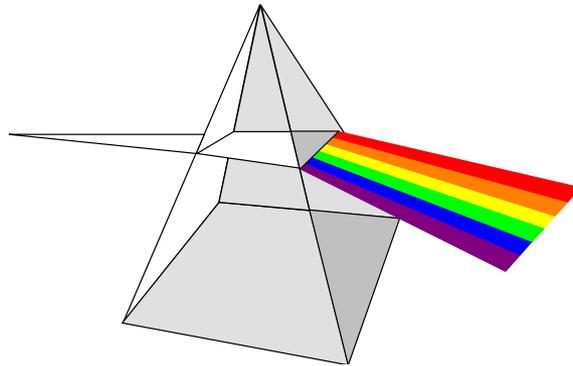
A radiação eletromagnética se propaga em forma de ondas eletromagnéticas com a velocidade da luz

É medida em frequência (Hertz) e comprimento de onda (metros)



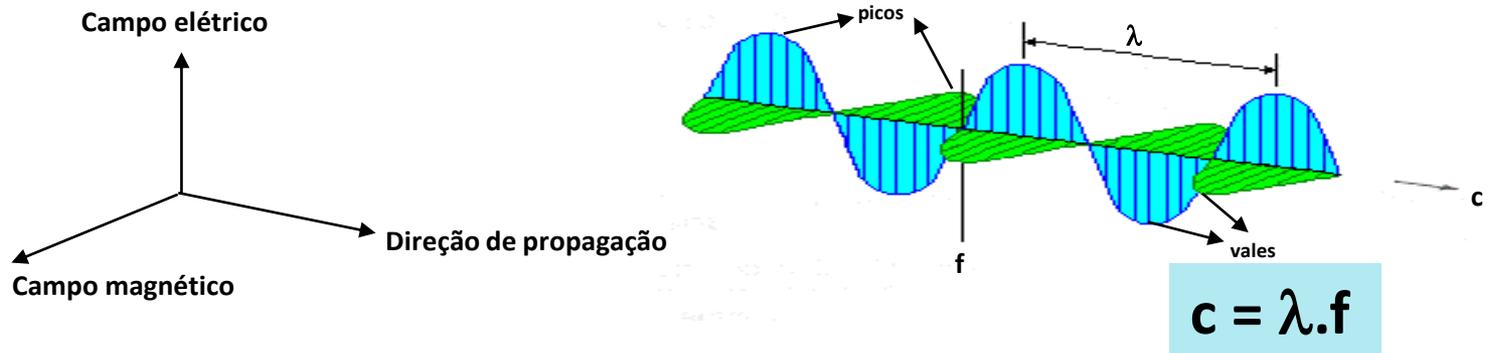
Espectro Eletromagnético

- O espectro representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões;
- Essas segundo o comprimento de onda e a frequência;
- Nossa principal fonte de radiação é o sol.



Espectro Eletromagnético

- Nossos "sensores" remotos - podem detectar parte do espectro visível. É uma pequena porção do espectro
- Há muita radiação ao redor de nós que é "invisível" aos nossos olhos;
- Mas, pode ser detectada através de outros instrumentos de sensoriamento remoto.

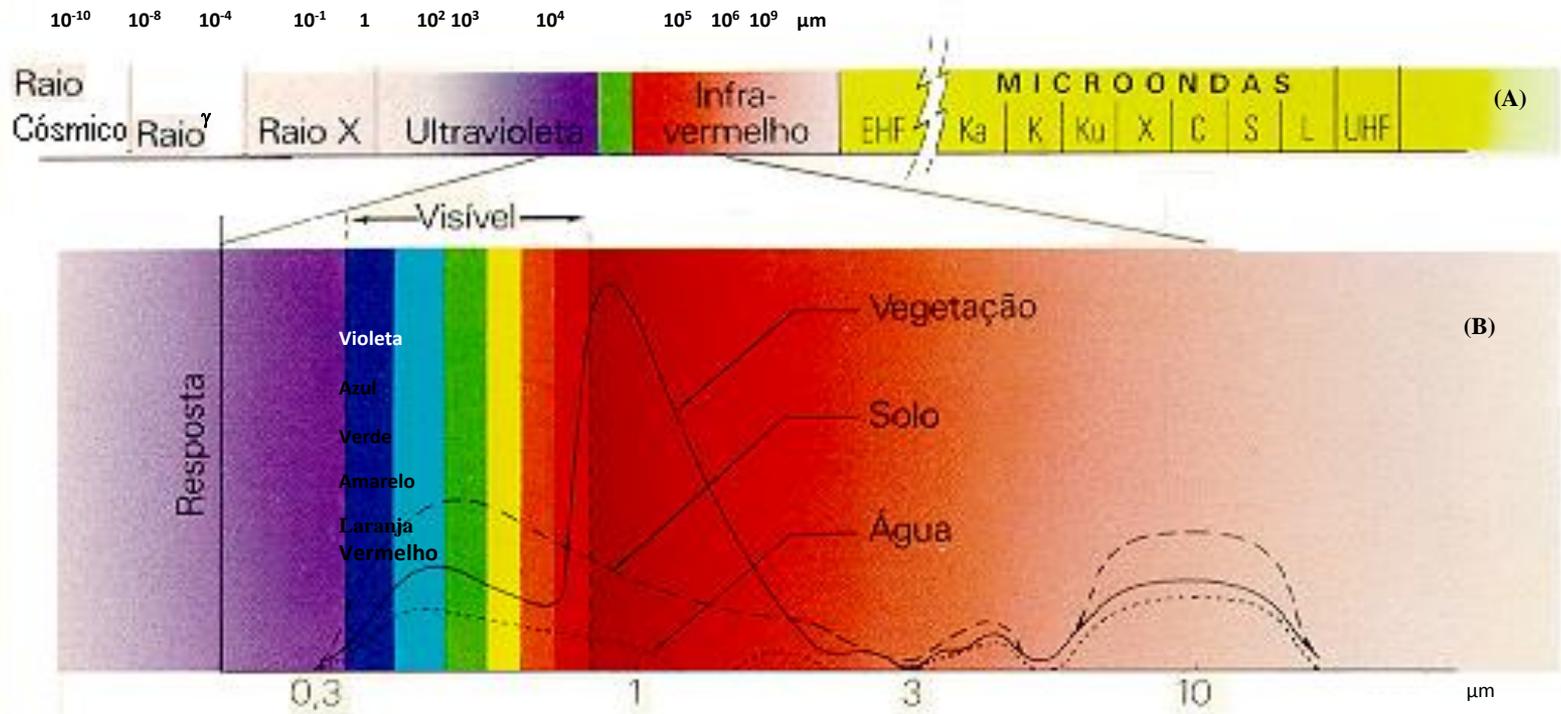


- Onda Eletromagnética

(Fonte: Lillesand e Keifer, 1995)

(λ = comprimento de onda - distância entre dois picos ou dois vales consecutivos; f = frequência - número de ciclos por segundo a partir de um ponto fixo; c = velocidade da luz)

Espectro Eletromagnético

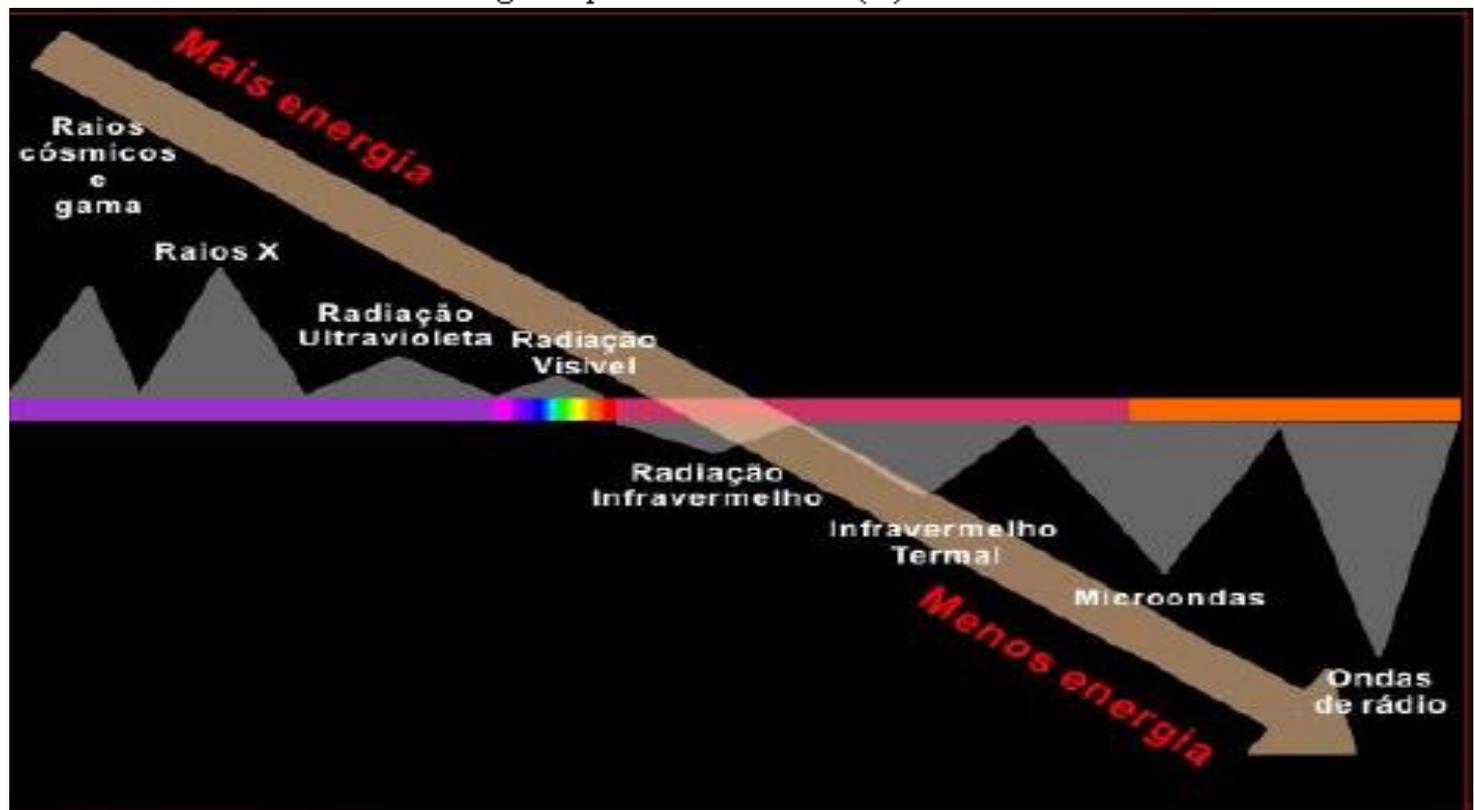
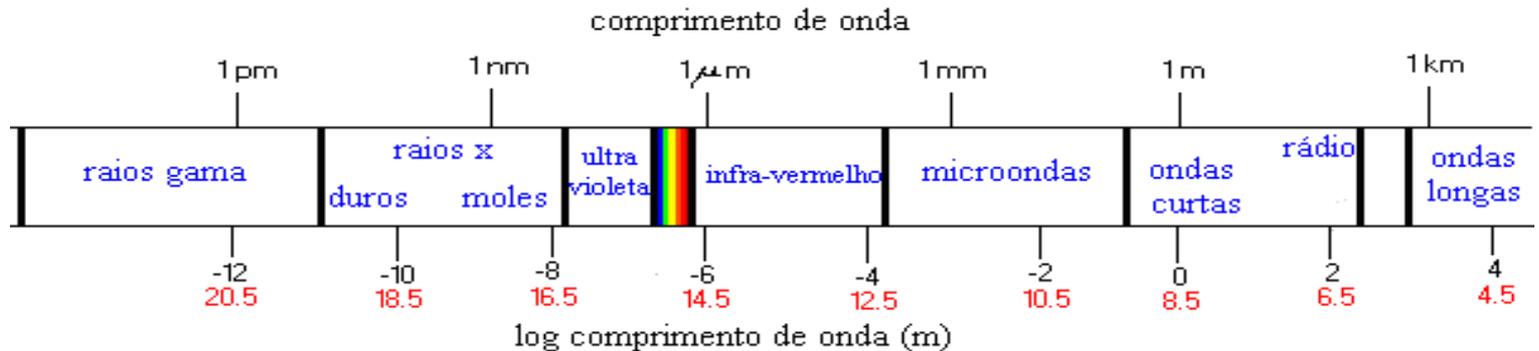


(A) Espectro Eletromagn33tico;

(As curvas (B) representam o padr33o espectral da intera33o da vegeta33o, solo e 33gua com a energia eletromagn33tica)

(Fonte: INPE, 1986 - modificado)

Espectro Eletromagnético



Espectro Eletromagnético

- Espectros eletromagnéticos: ordenação contínua em função do λ e da f

- Espectro Ótico (0,28 -15 μm)
- Espectro Solar (0,28 - 3,0 μm)
- Espectro Visível (0,4 -0,7 μm)
- Espectro Termal (0,7 -1000 μm)

VIS

B – 0,4 a 0,5 μm

G – 0,5 a 0,6 μm

R – 0,6 a 0,7 μm

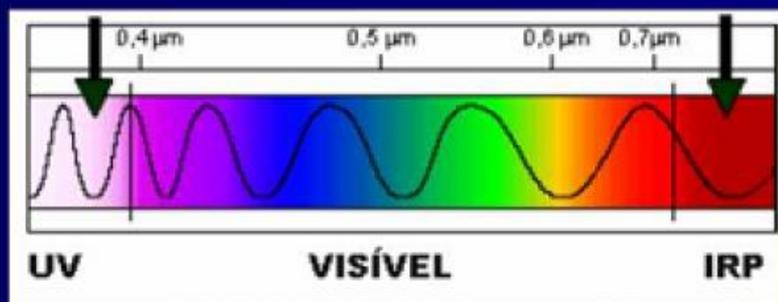
IV

IVP – 0,7 a 1,3 μm

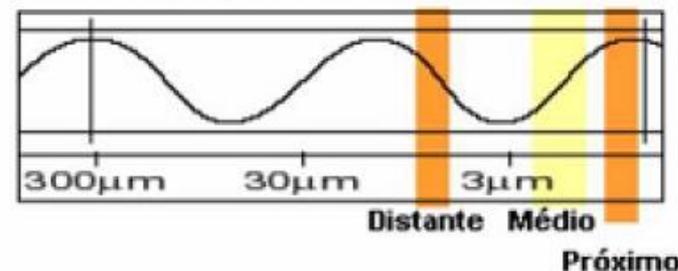
IVM – 1,3 a 6 μm

IVD – 6 a 1000 μm

SENSORIAMENTO REMOTO PASSIVO

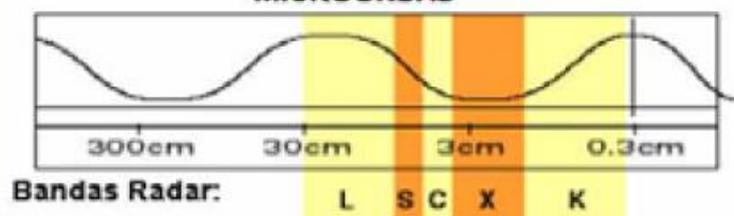


ESPECTRO INFRAVERMELHO



SENSORIAMENTO REMOTO ATIVO

MICROONDAS



MICROONDAS

1 mm a 1 m

Espectro Eletromagnético



Visível



Termal



Interação da Energia com a Terra

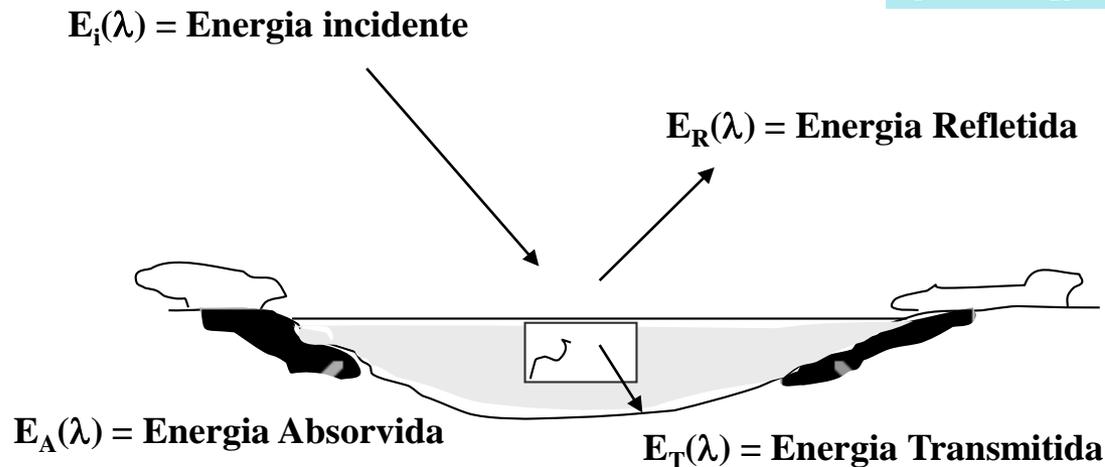
- De toda radiação solar que chega à Terra, somente 50% atinge a superfície, devido a interferências de gases existentes na atmosfera;
- Existem formas básicas de interação da radiação solar que atinge a superfície terrestre:
 - Reflexão;
 - Absorção;
 - Transmissão;
- Os objetos da superfície terrestre como a vegetação, a água e o solo refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em diferentes proporções;



Interação da Energia com a Terra

- Esse comportamento espectral das diversas substâncias é denominado *assinatura espectral* e é utilizado em SR para distinguir diversos materiais entre si.

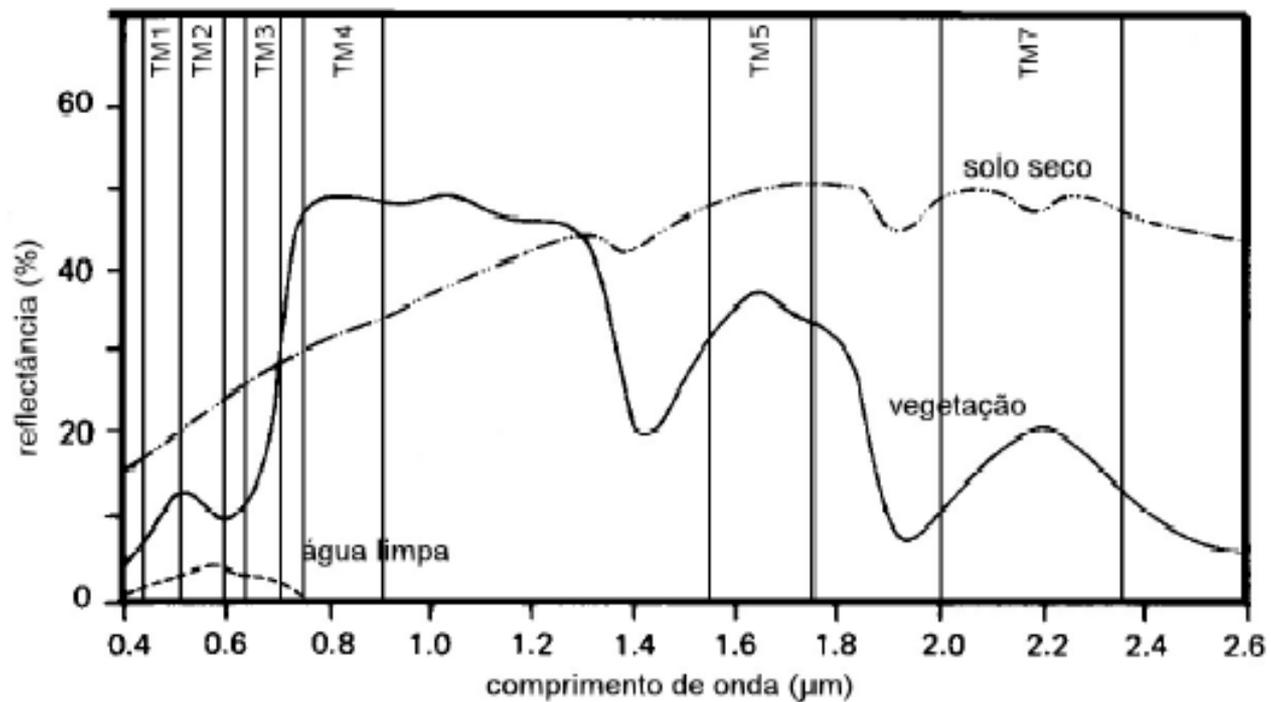
$$E_i(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda)$$



Interação básica da energia eletromagnética com uma feição da superfície terrestre.
(Fonte: Lillesand e Keifer, 1995)

Interação da Energia com a Terra

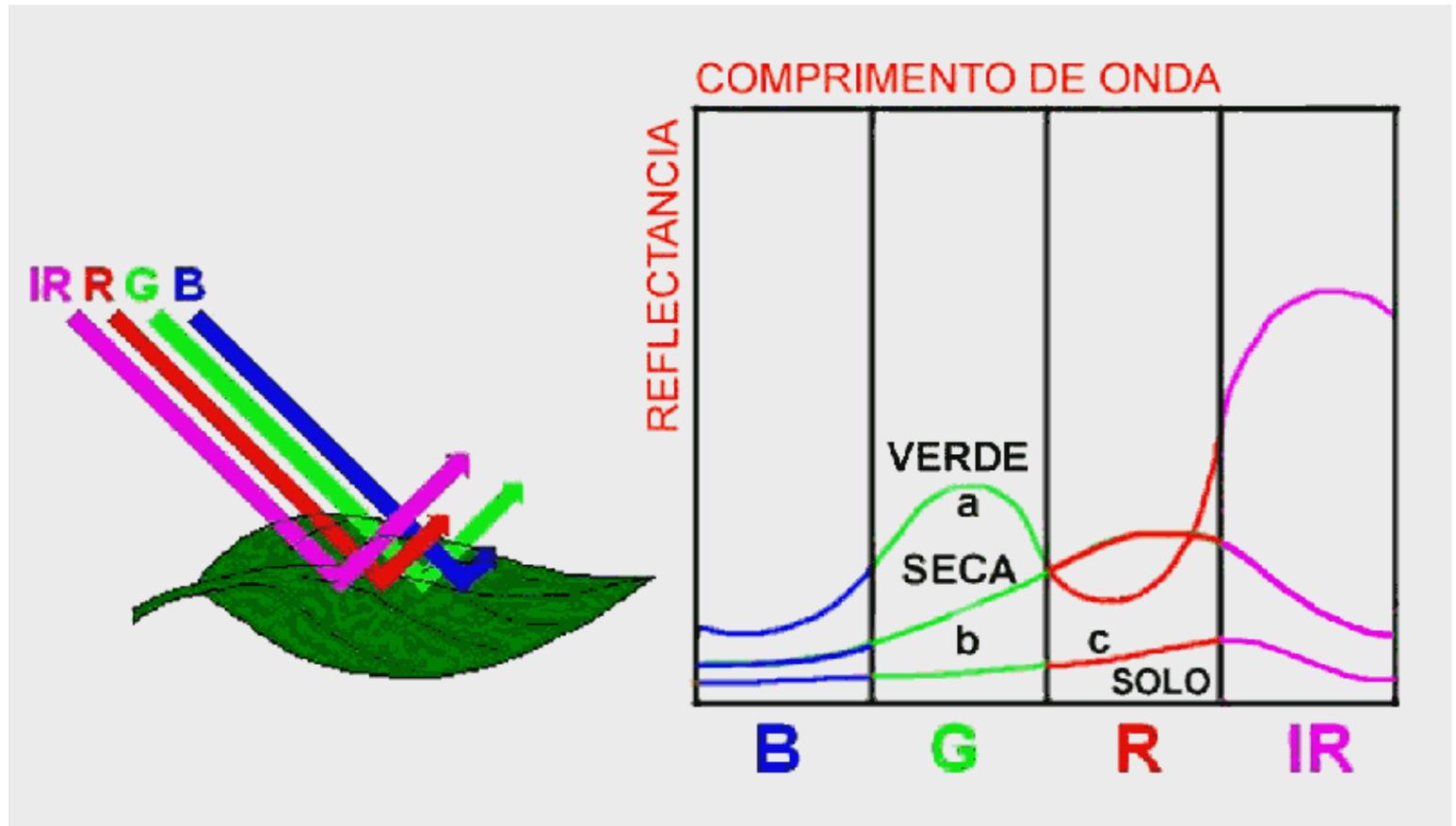
ASSINATURA ESPECTRAL



Curvas de reflectância espectral de alguns alvos

Adaptado de Lillesand & Kiefer (1987)

Interação da Energia com a Terra



Interação da Energia com a Terra

A ATENUAÇÃO DA RADIAÇÃO SE DÁ POR:

- ¥ Absorção (*converte a radiação em calor*);
- ¥ Espalhamento e
- ¥ Reflexão

Absorção

- A energia de um feixe de REM é transformada em outras formas de energia. É uma atenuação seletiva observada em vários constituintes, tais como vapor d'água, ozônio, monóxido de carbono, entre outros. Em muitos casos, a atenuação pode ser desprezada por ser muito pequena.
- A absorção predomina em materiais como carvão, fumaça negra, sendo praticamente ausente em nuvens (na região espectral do visível).

Espalhamento

· A grande parte da luz que percebemos com nossos olhos não vem diretamente de suas fontes, mas indiretamente através do processo de espalhamento. Na atmosfera, o espalhamento é causado por moléculas, partículas de aerossol e nuvens contendo gotas e cristais de gelo.



Interação da Energia com a Terra

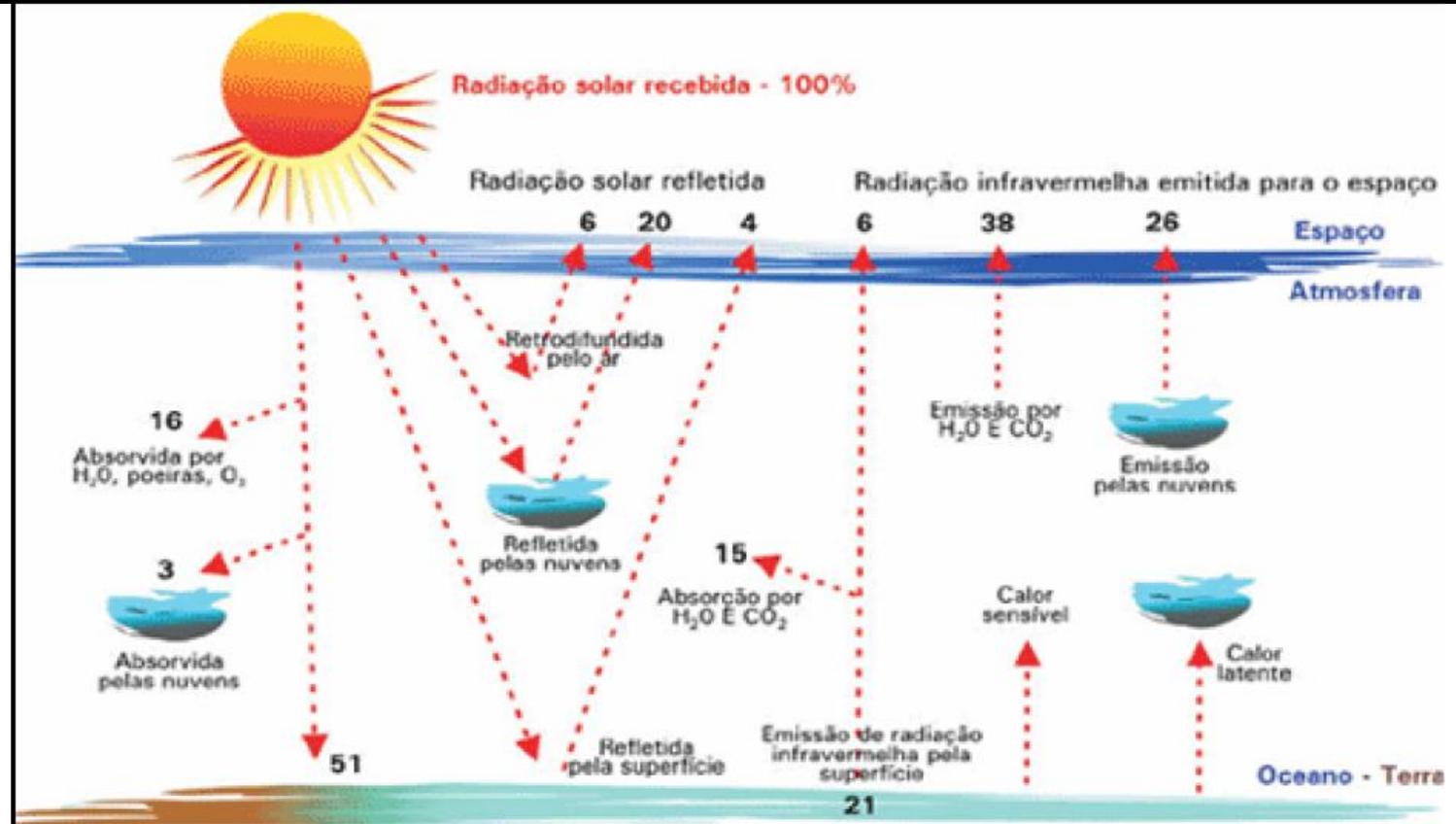
Espalhamento



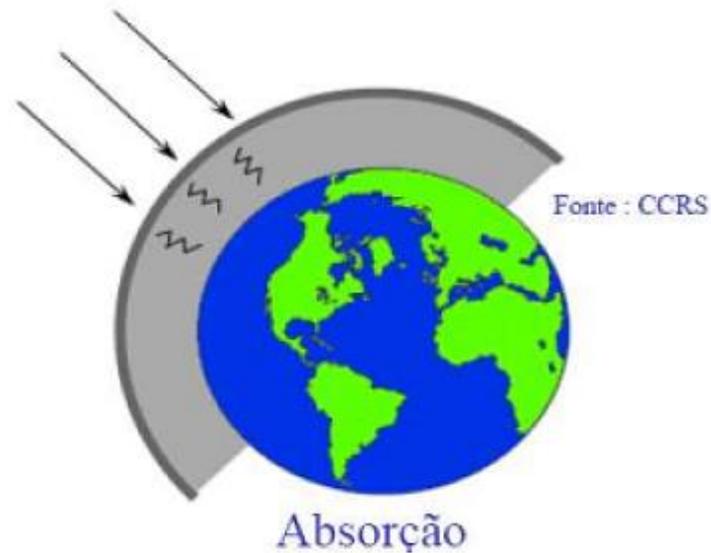
Interação da Energia com a Terra

O Papel das nuvens

As nuvens, que cobrem em média da ordem de 40 a 60% da superfície da Terra, refletem, absorvem e transmitem radiação solar e terrestre, além de também emitir radiação terrestre



Interação da Energia com a Terra



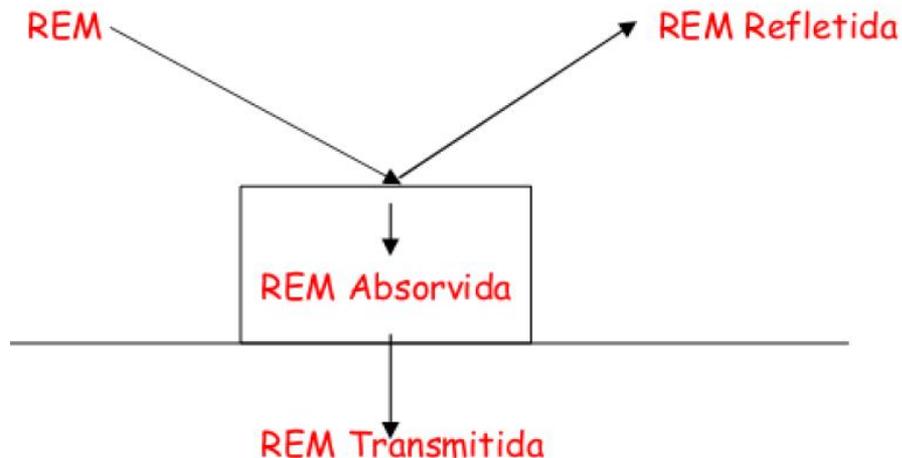
Interação da Energia com a Terra

Lembre-se:

$$EI = EA + ER + ET$$



A radiação que não é absorvida ou espalhada pela atmosfera pode atingir alvos e interagir com objetos na superfície

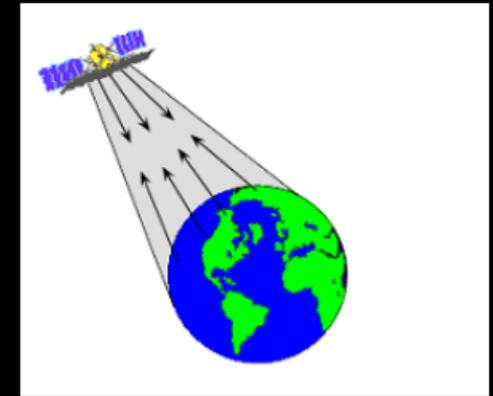
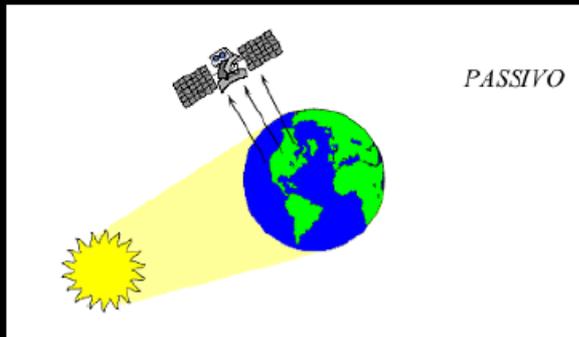


Sensores e Satélites

- Sensores Remotos
 - Olho humano = sensor natural;
 - Sensores artificiais = permitem obter dados de regiões de energia invisível ao olho humano;
 - Sensores óticos = dependem da luz do sol (a cobertura de nuvens é uma limitação);
 - Radares = produzem uma fonte de energia própria (as condições meteorológicas não interferem na captação);



Sensores e Satélites



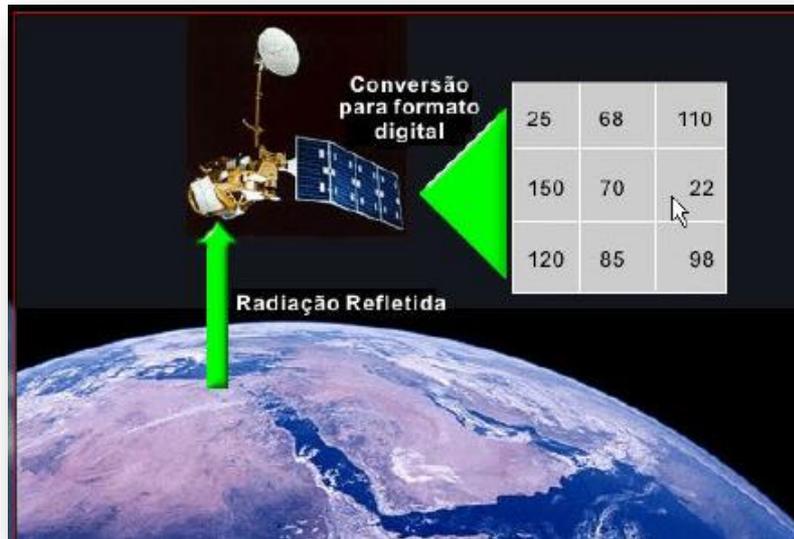
* Passivos

Utilizam apenas a REM natural refletida ou emitida a partir da superfície terrestre. A luz solar é a principal fonte de REM dos sensores passivos.

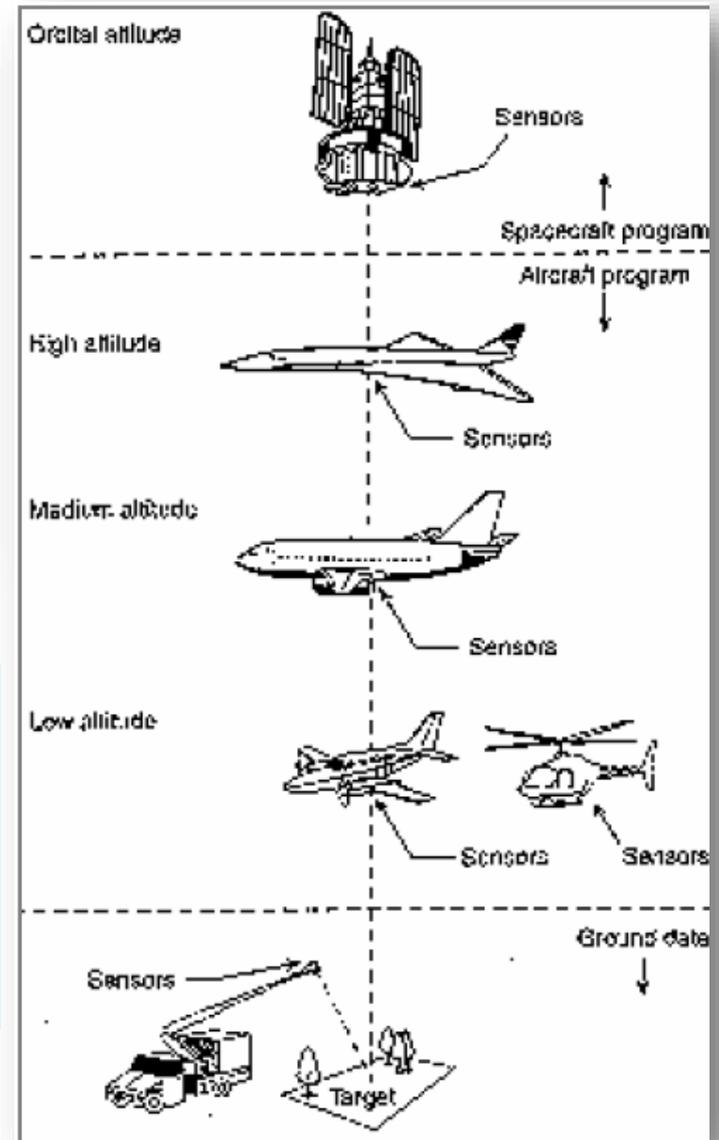
* Ativos

Estes sistemas utilizam REM artificial, produzida por radares instalados nos próprios satélites. Estas ondas atingem a superfície terrestre onde interagem com os alvos, sendo refletidas de volta ao satélite. Uma vantagem dos sensores ativos é que as ondas produzidas pelos radares atravessam as nuvens, podendo ser operados sob qualquer condição atmosférica. Uma desvantagem é que o processo de interação com os alvos não capta, tão detalhadamente quanto os sensores passivos, informações sobre as características físicas e químicas das feições terrestre.

Sensores e Satélites



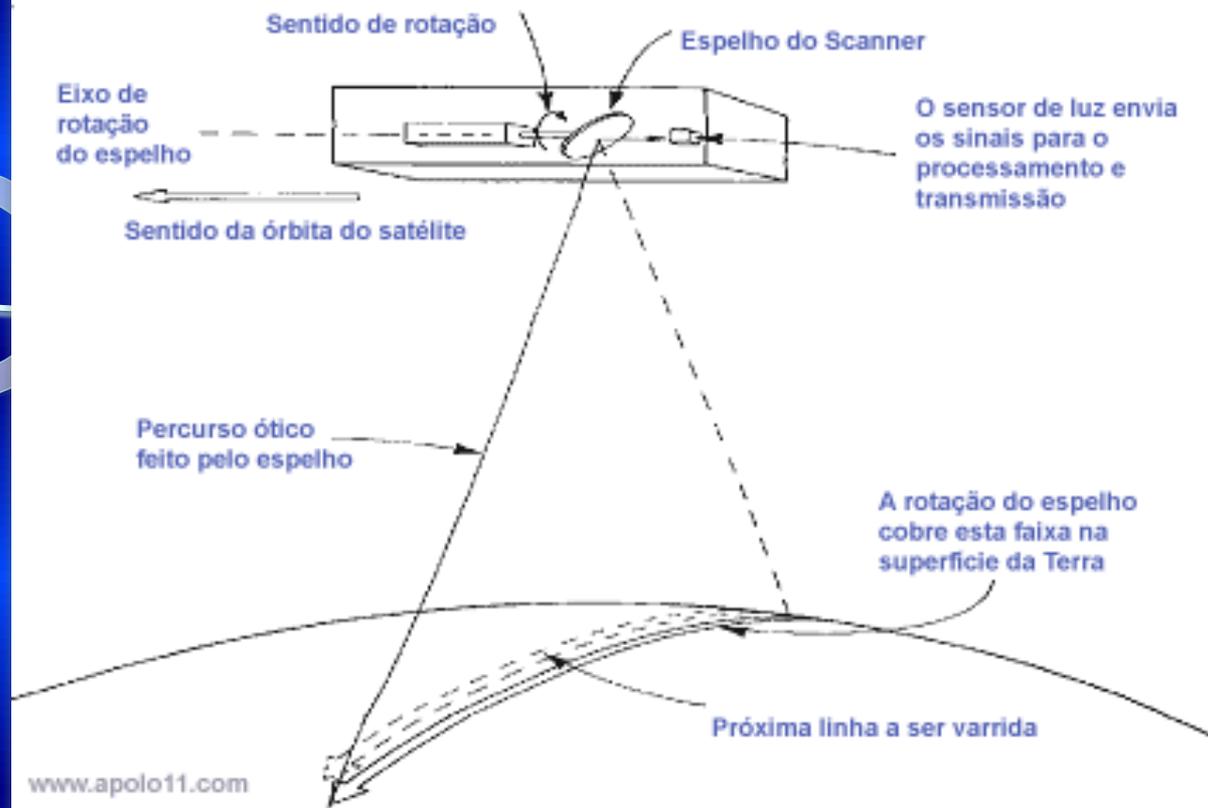
Para que um sensor possa coletar e registrar a energia refletida ou emitida por um objeto ou superfície, ele tem que estar instalado em uma plataforma estável à distância do objeto ou da superfície que esteja sendo observada.



Sensores e Satélites

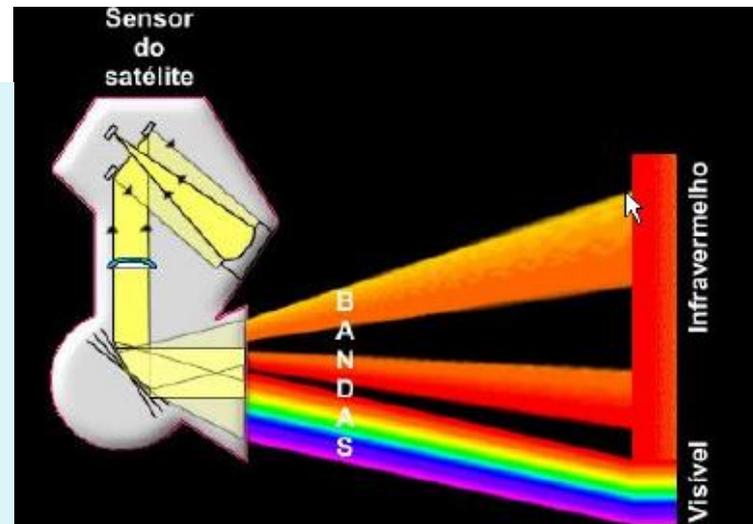
- Embora plataformas terrestres e a bordo de aeronaves podem ser usadas, os satélites provêm a maioria das imagens de sensoriamento remoto usadas hoje;
- Principal instrumento de captação de imagem dos satélites atuais. Consiste basicamente em um espelho rotativo e uma série de sensores óticos sensíveis a diversos comprimentos de onda;
- A cada rotação, a imagem captada da superfície é refletida pelo espelho em direção aos sensores, que as envia ao computador de bordo para processamento.



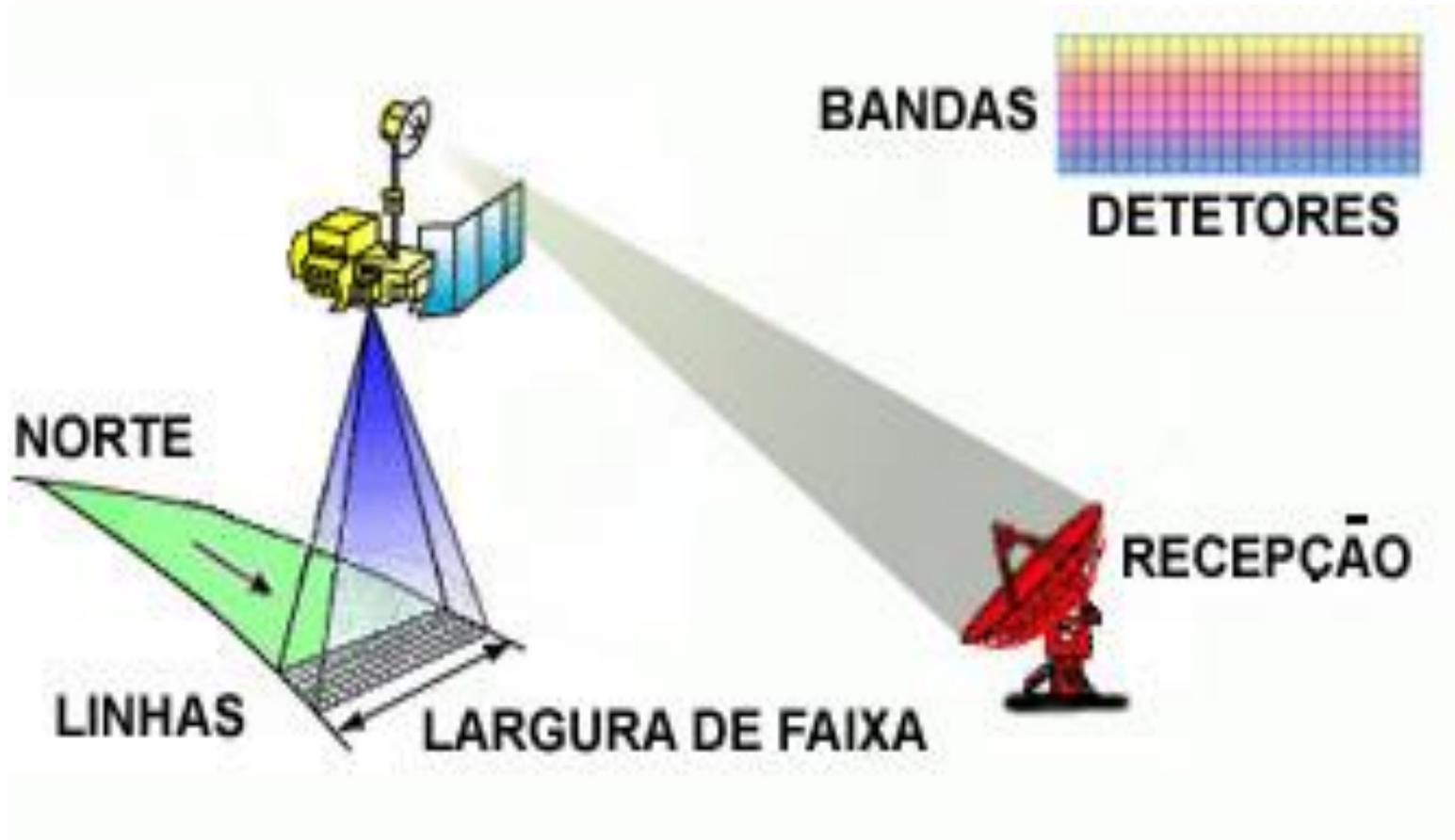


O resultado é uma série de "fatias" da superfície, que juntas produzem a imagem final.

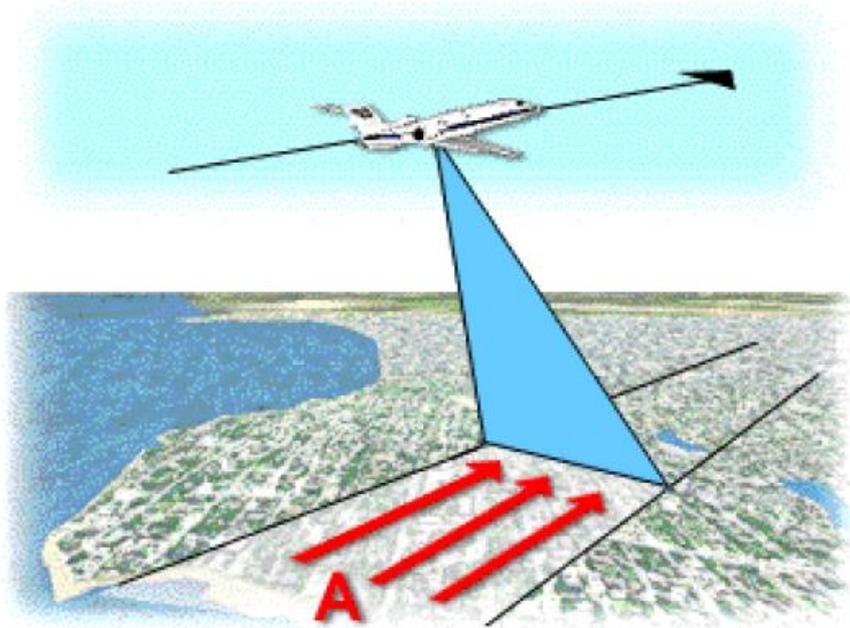
(Exemplo: o radiômetro dos satélites NOAA gira a uma velocidade de 120 LPM (linhas por minuto) e cada linha lê aproximadamente 4 mil km de superfície com 1 km de largura).



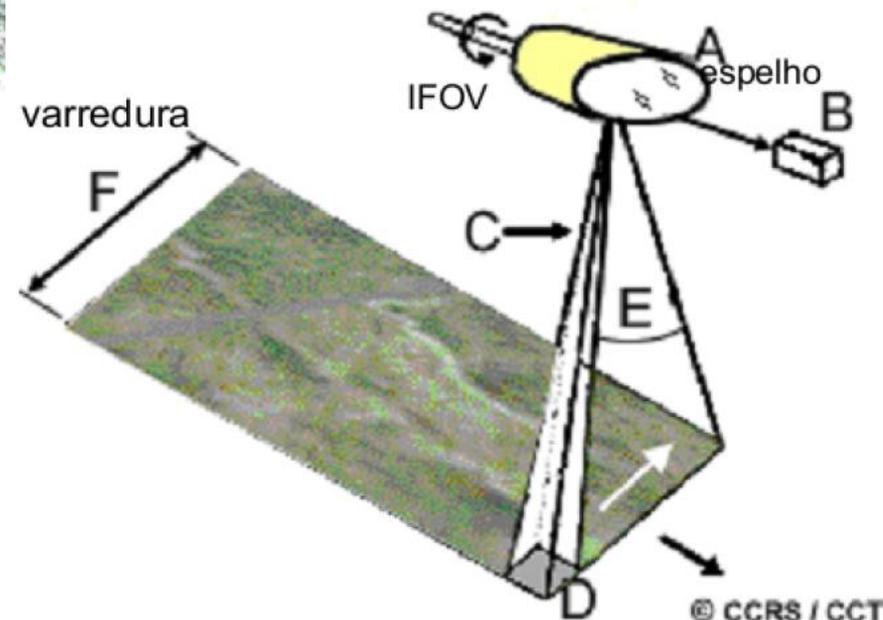
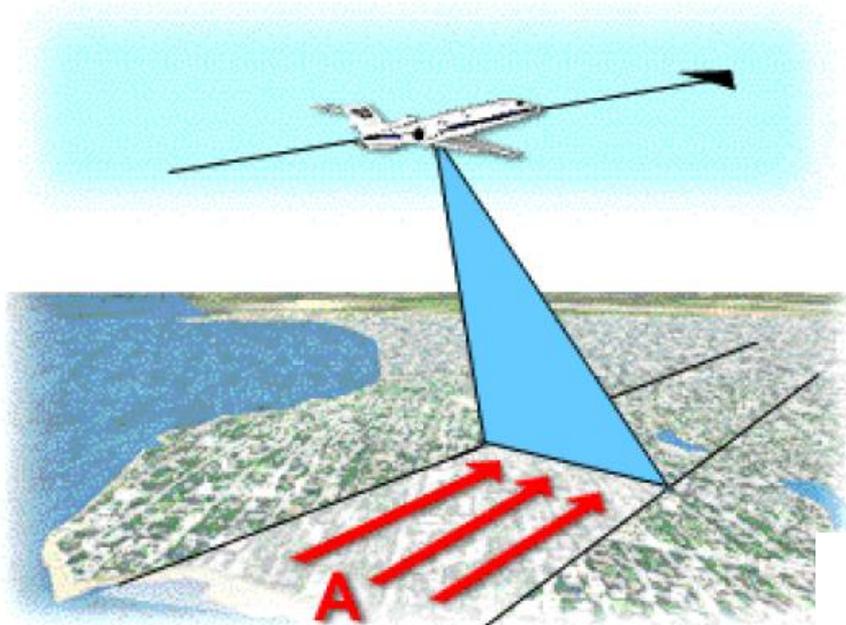
Sensores e Satélites



Sensores e Satélites



Sensores e Satélites

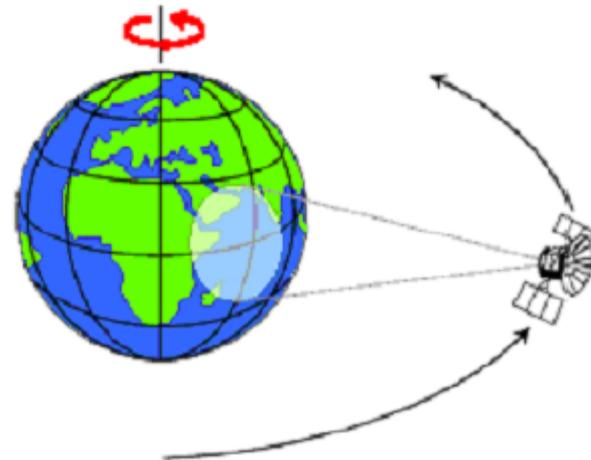


Sensores e Satélites

Sensores: Orbitas

. Dependendo do objetivo do satélite para o qual foi projeto ele terá uma órbita específica.

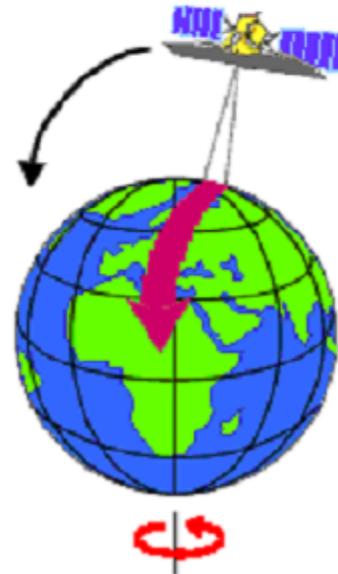
Um satélite em órbita **geossíncrona equatorial** (GEO) localiza-se diretamente acima da linha do equador, aproximadamente a 3600 Km de altura. Nesta distância o satélite demora 24 horas para dar uma volta completa no planeta. Sabendo que a Terra demora 24 horas para dar uma volta sobre o seu eixo (Movimento de rotação), podemos observar que o satélite e a Terra se movem juntos.



Sensores e Satélites

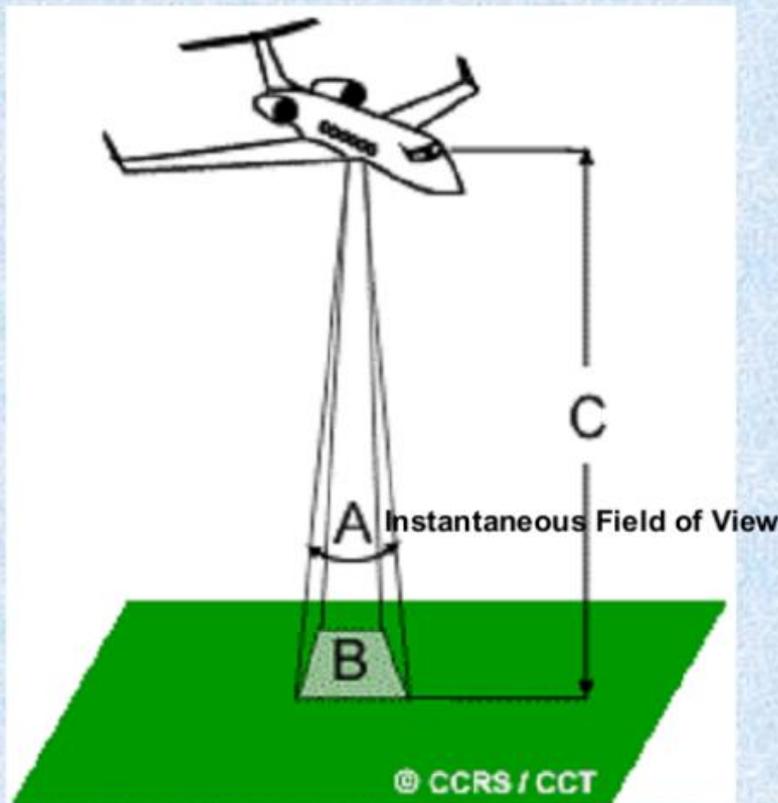
Órbitas polares são muito usadas para a observação da superfície de nosso planeta. Como a órbita do satélite tem a direção Norte-Sul e a Terra gira na direção Leste-Oeste, isto resulta que um satélite em órbita polar pode eventualmente "varrer" a superfície inteira da Terra.

Por essa razão, satélites de monitoramento global como satélites de sensoriamento remoto e meteorológicos sempre efetuam uma órbita polar.



Sensores e Satélites

Ifov = instantaneous field of view



A área correspondente a cada detector na superfície do terreno depende do ângulo de visão instantâneo **A (IFOV)** e da altura da plataforma **C**.

O Grau de Detalhe aumenta a medida que o ângulo de visada diminui.

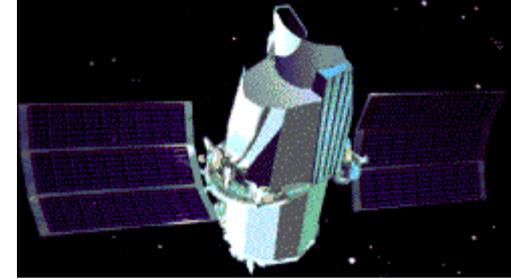
Sensores e Satélites

O tamanho da área imageada é determinada pelo produto do IFOV pela distância do sensor a terra. A área no solo é denominada resolução da célula e que determina a resolução espacial máxima do sensor.



Sensores e Satélites

Características



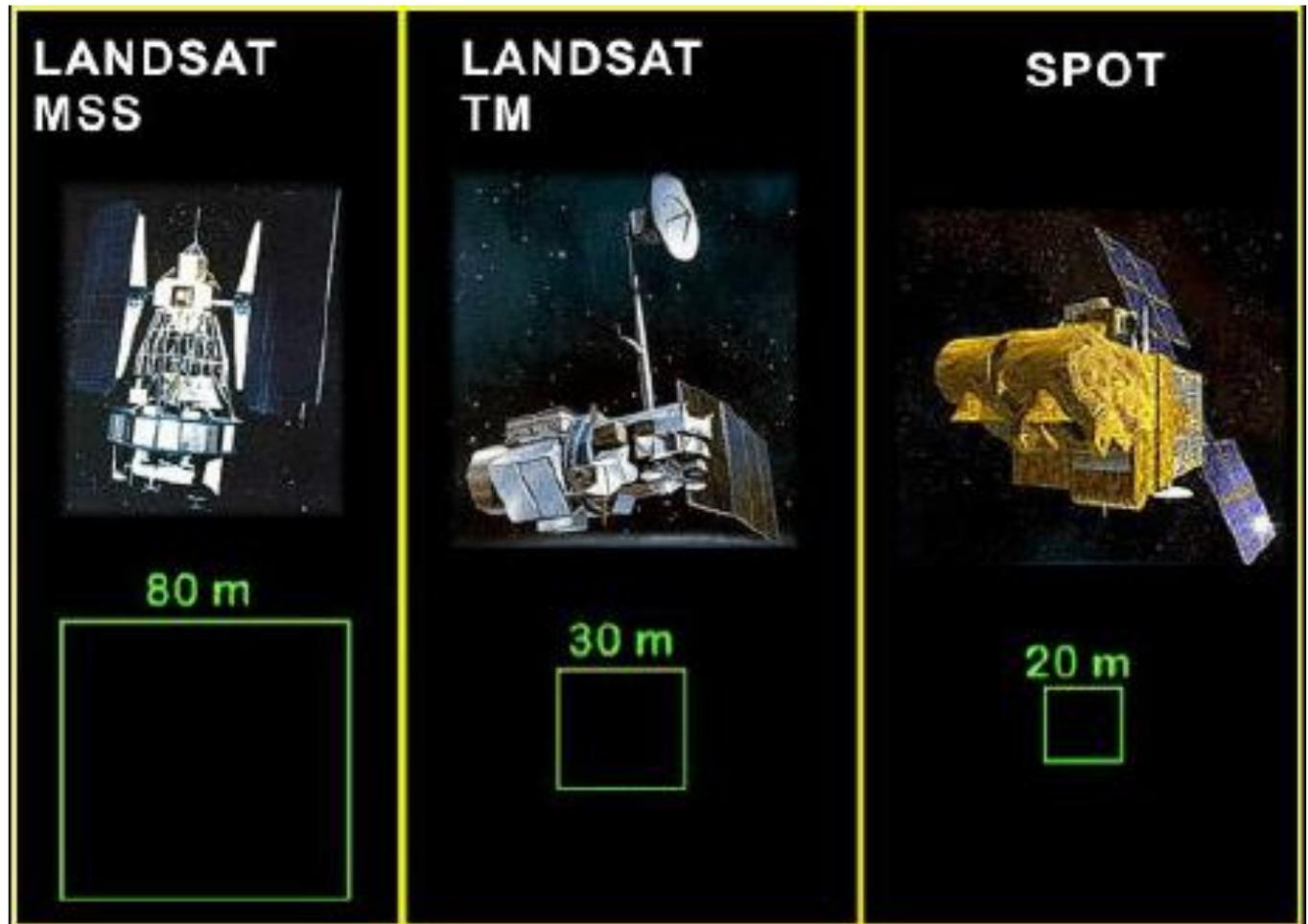
- O caminho seguido por um satélite é chamado de sua órbita.
- Satélites são projetados em órbitas específicas para atender às características e objetivo do(s) sensor(es) que eles levam.
- **Resolução espacial:** mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos. E é diferente para cada sensor.

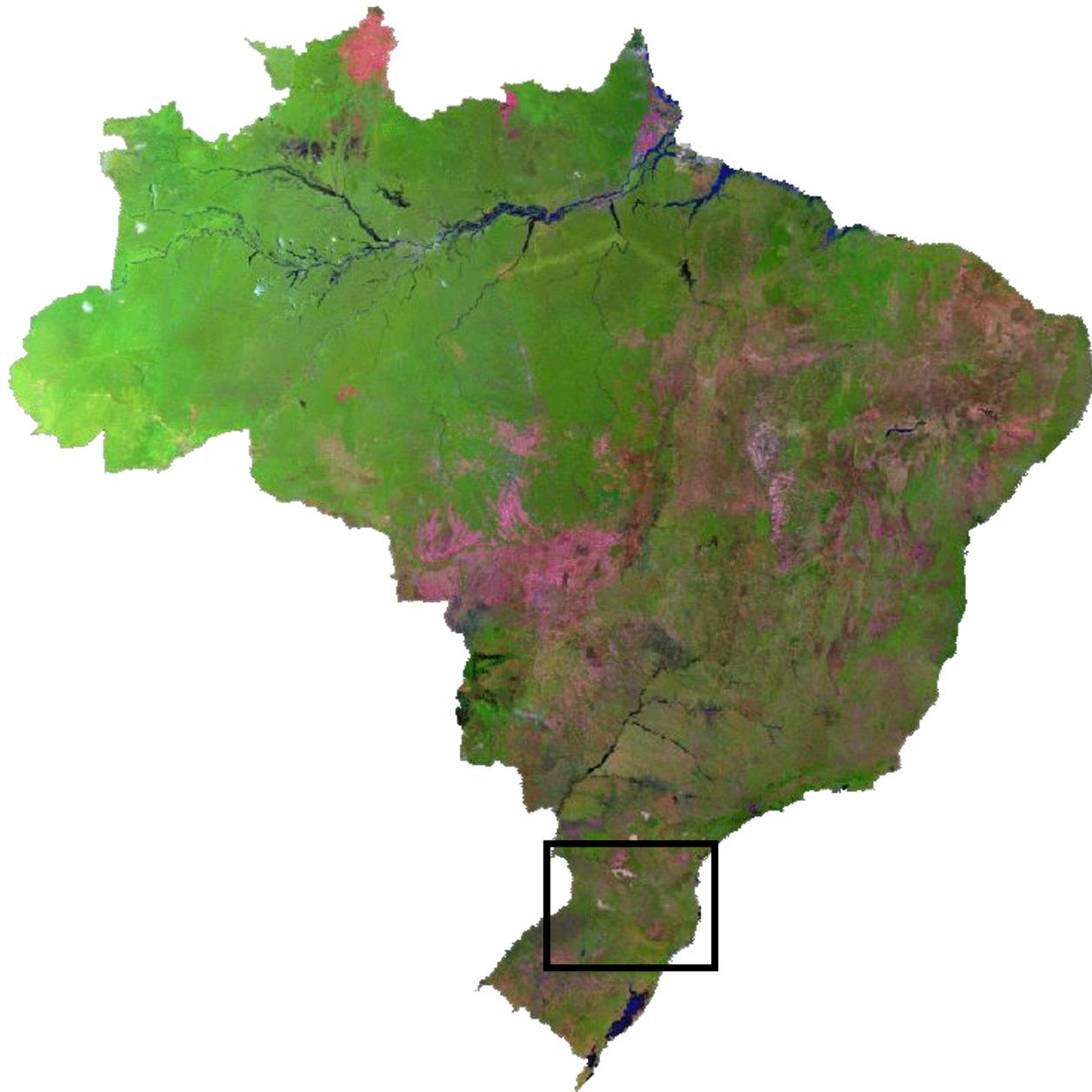


Sensores e Satélites

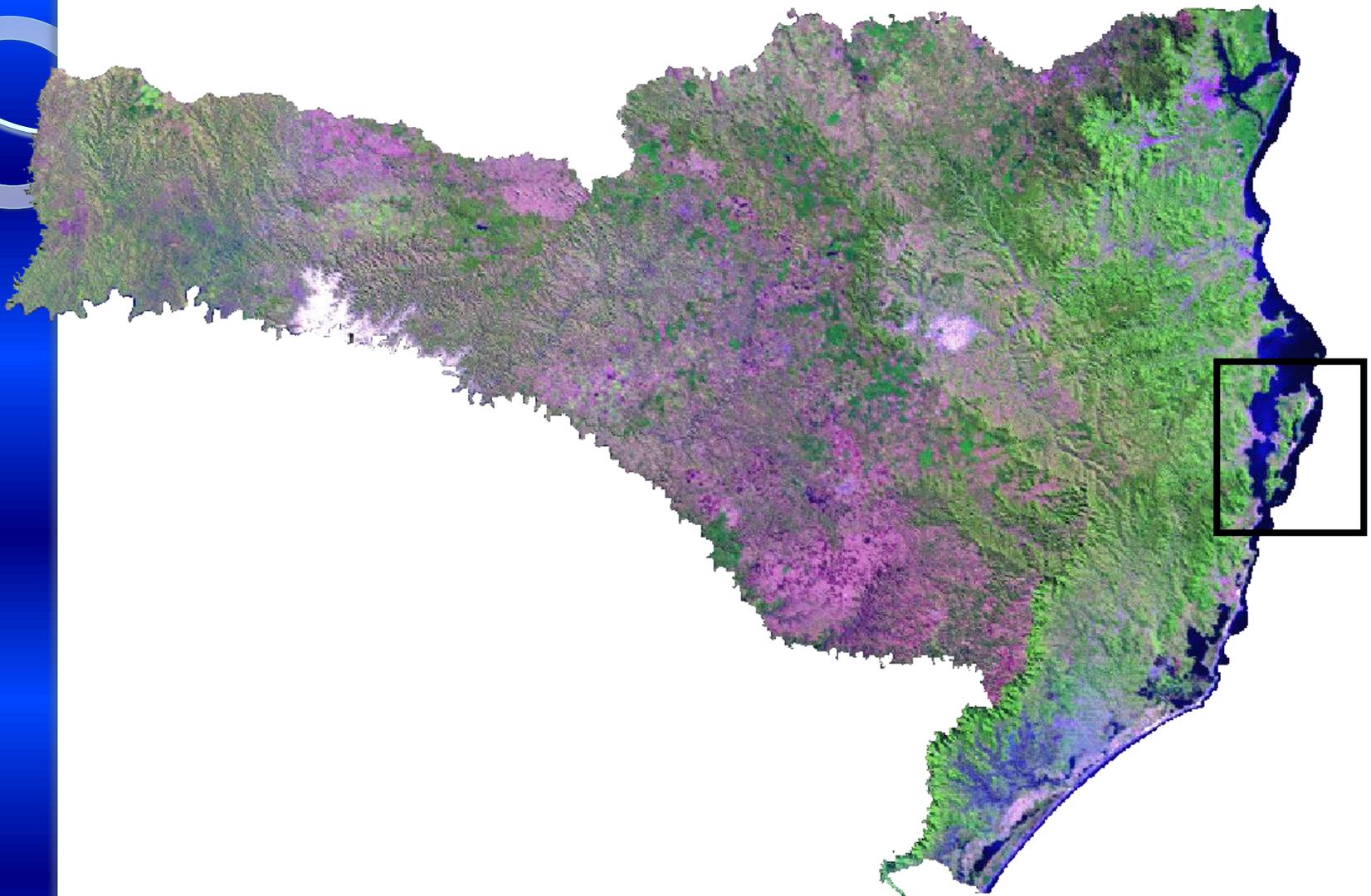
Características

- Resolução espacial

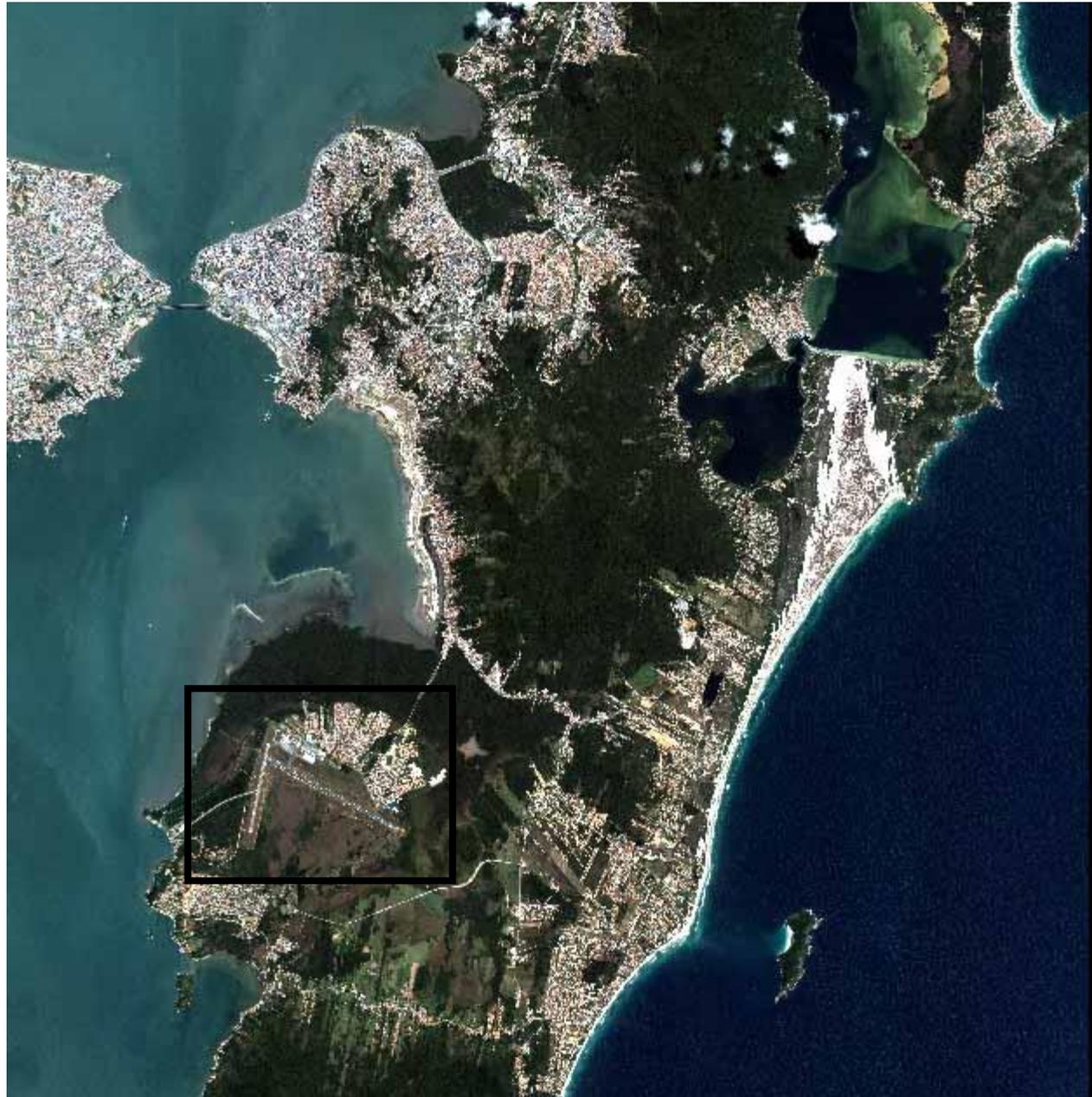




Diferentes resoluções espaciais



Diferentes resoluções espaciais

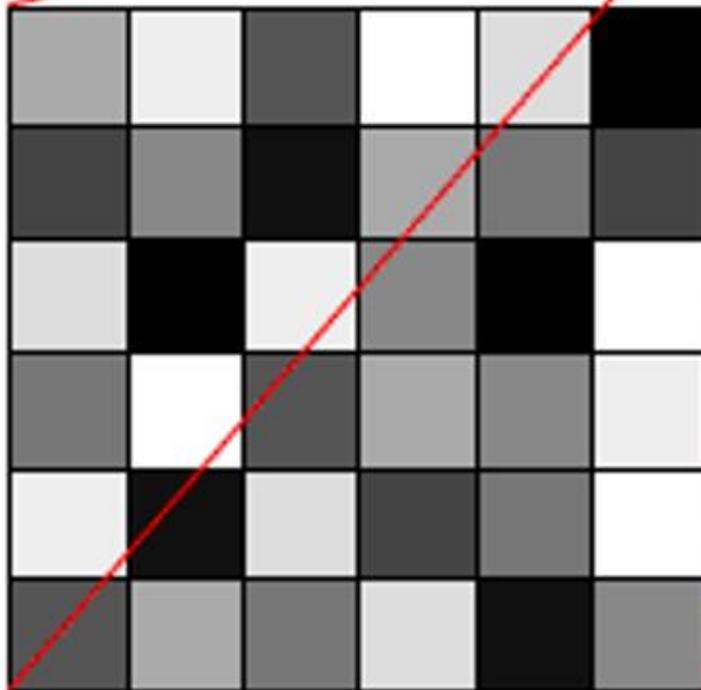


Diferentes resoluções espaciais



Diferentes resoluções espaciais

Resoluções espaciais



170	238	85	255	221	0
68	136	17	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136

Resoluções espaciais

1 metro



2 metros



3 metros

5 metros

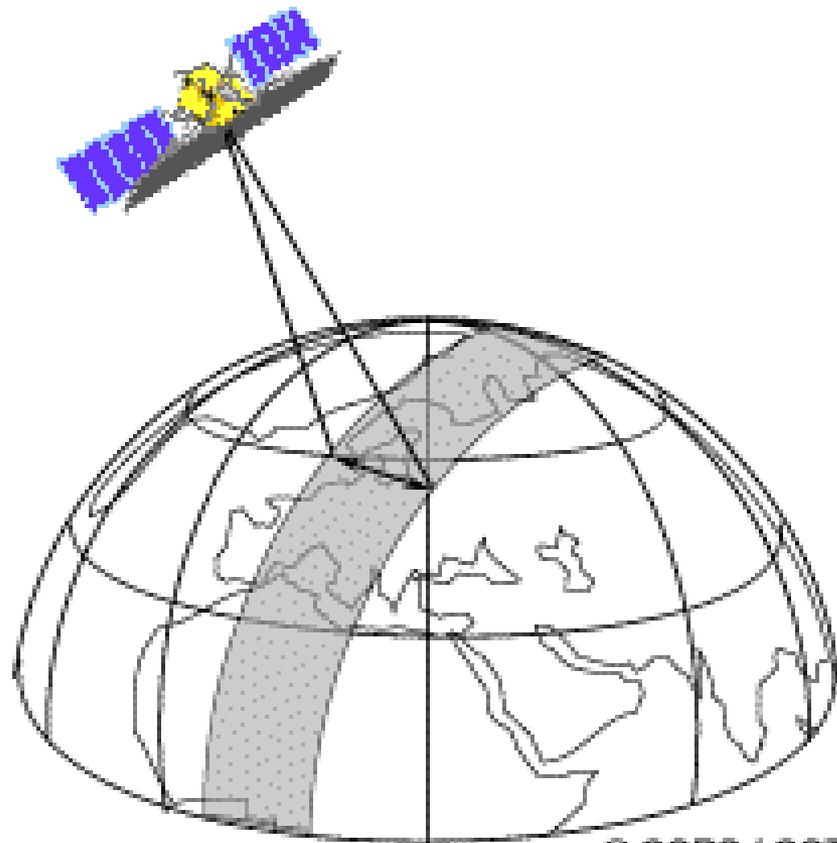
Sensores e Satélites

Características

- **Resolução temporal:** é o intervalo de tempo que define a órbita do sensor (exemplo: 16 dias, 2 dias, etc.)
- **Resolução espectral:** é uma medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor.
 - Por exemplo, um sensor que opera na faixa de 0.4 a 0.45 μm tem uma resolução espectral menor do que o sensor que opera na faixa de 0.4 a 0.5 μm .
- **Resolução radiométrica:** está associada à sensibilidade do sistema sensor em distinguir dois níveis de intensidade do sinal de retorno.
 - Por exemplo, uma resolução de 10 bits (1024 níveis digitais) é melhor que uma de 8 bits

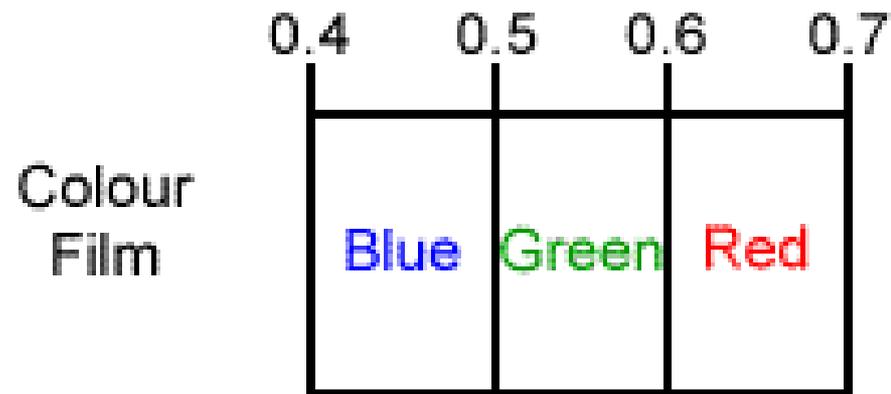
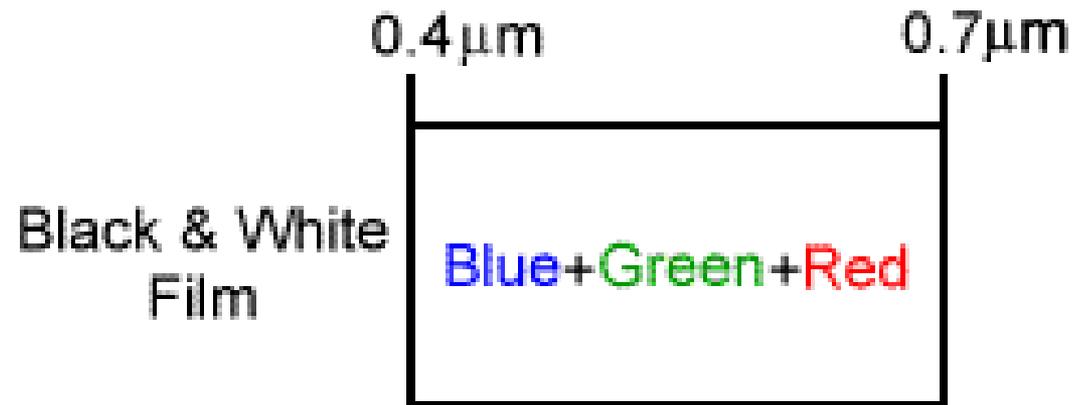


Resolução temporal



© CCRS / CCT

Resolução espectral



Bandas espectrais

Bandas/Sensores	TM	ETM+	IKONOS
1	0,45-0,52 μm	0,45-0,52 μm	0,45-0,52 μm
2	0,52-0,60 μm	0,53-0,61 μm	0,52-0,60 μm
3	0,63-0,69 μm	0,63-0,69 μm	0,63-0,69 μm
4	0,76-0,90 μm	0,78-0,90 μm	
5	1,55-1,75 μm	1,55-1,75 μm	
6	10,4-12,5 μm	10,4-12,5 μm	
7	2,08-2,35 μm	2,09-2,35 μm	
Pan		0,52-0,90 μm	0,45-0,90 μm

Sensores e Satélites

Características

- **Resolução radiométrica**



Resolução = 2 bits = 2^2
= 4 níveis de cinza



Resolução = 8 bits = 2^8
= 256 níveis de cinza



Sensores e Satélites Características

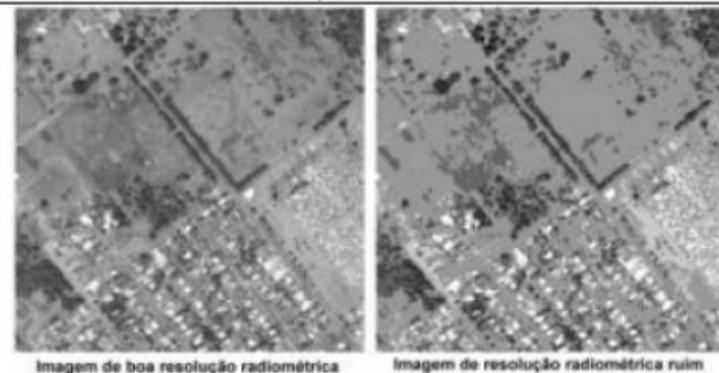
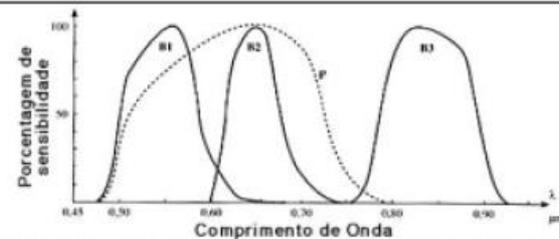
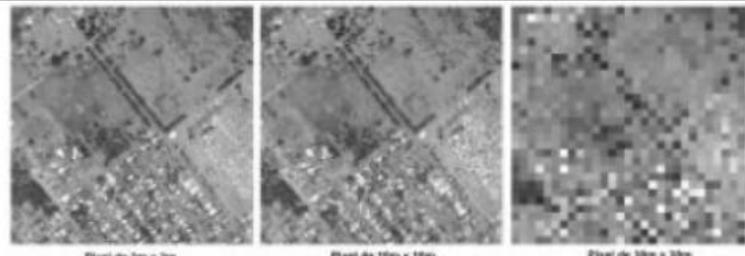
O conceito de resolução em S.R. é muito importante porque ele condiciona o aspecto dos dados adquiridos. A resolução espacial é um fator importante mas na realidade, ela é interligada com as outras formas de resolução.

Resolução espacial: o termo resolução espacial é geralmente confundido com o tamanho da marca elementar ou pixel. Na realidade, em termos fotográficos, a resolução espacial é aproximadamente igual ao tamanho do pixel x 2,5. Um pixel de tamanho pequeno implica geralmente um número de sensores muito grande, um número de órbitas maior (tempo de retorno mais demorado), uma resolução espectral mais grosseira ou uma resolução radiométrica mais grosseira ou todos esses fatores juntos pois a quantidade de energia disponível (em sensores passivos) é sempre a mesma.

Resolução espectral: exprime a largura das bandas espectrais nas quais as imagens são adquiridas; quanto menor a banda espectral, melhor a resolução. É por esta razão por exemplo que o sensor pancromático do satélite SPOT (0,51-0,73 μm) consegue um pixel quatro vezes menor que para o sensor multiespectral que divide o espectro em duas bandas no visível (0,50-0,59 μm e 0,61-0,68 μm) como pode ser visto na figura.

Resolução radiométrica: é a capacidade de dividir o sinal recebido em o maior número possível de níveis possíveis. Uma resolução espacial ou espectral muito fina não adianta se elas significam a redução exagerada da resolução radiométrica. Resoluções radiométricas típicas são de 6 bits (SPOT 1), 8 bits (LANDSAT TM) ou 16 bits (Radar).

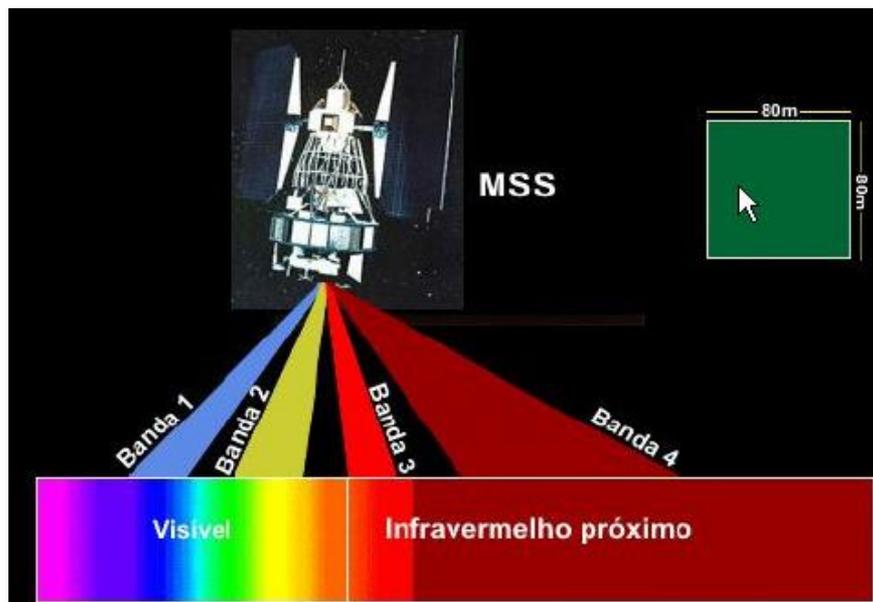
Resolução temporal: é o tempo de retorno da plataforma no mesmo lugar; quanto maior este tempo, pior a resolução temporal. A aquisição de imagens de resolução espacial muito fina significa geralmente um tempo de retorno mais longo. O tempo de retorno pode ser artificialmente diminuído através do uso de visada lateral controlável como os satélite SPOT, RADARSAT e CBERS; conflitos podem ocorrer em regiões densamente povoadas.



Alguns Sensores Atuais



LANDSAT-1



Banda	Faixa espectral		Região do espectro	Resolução espacial (m x m)
	nm	µm		
4	500 - 600	0,5 - 0,6	Verde	80
5	600 - 700	0,6 - 0,7	Vermelho	80
6	700 - 800	0,7 - 0,8	IV próximo	80
7	800 - 1.100	0,8 - 1,1	IV próximo	80

- O LANDSAT-1 foi o primeiro satélite destinado ao estudo dos recursos naturais;
- Este satélite carregava um sensor chamado MSS – Multi Spectral Scanner;
- O MSS possuía 4 bandas – uma na região do verde, vermelho e outras duas no infravermelho;
- A resolução espacial era 80 x 80 m;

LANDSAT-4 & 5

- O LANDSAT-4 foi lançado em 1992;
- Além do MSS ele carregava o TM – Thematic Mapper;
- Por problemas com os componentes elétricos ele foi desativado;
- Foi substituído pelo LANDSAT-5;



LANDSAT

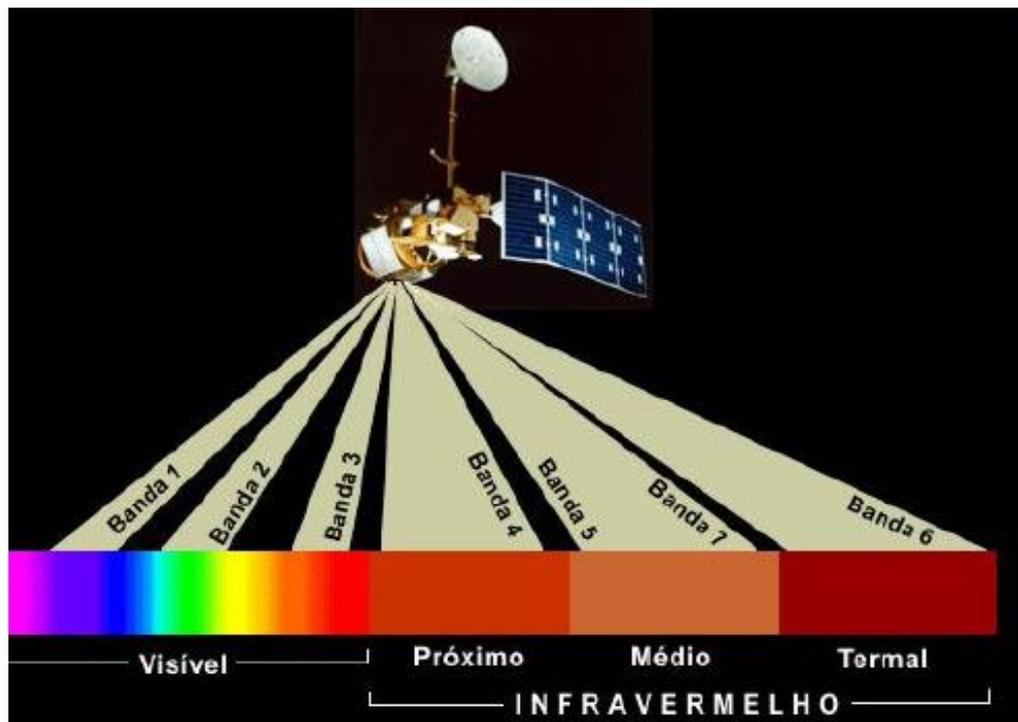


Tabela 10.4 - Características espectrais e espaciais do sensor ETM⁺ do Landsat-7

Banda	Faixa espectral		Região do espectro	Resolução espacial m x m
	nm	µm		
1	450 - 520	0,45 - 0,52	Azul	30
2	530 - 610	0,53 - 0,61	Verde	30
3	630 - 690	0,63 - 0,69	Vermelho	30
4	780 - 900	0,76 - 0,90	IV próximo	30
5	1.550 - 1.750	1,55 - 1,75	IV médio	30
6	10.400 - 12.500	10,4 - 12,5	IV termal	120
7	2.090 - 2.350	2,08 - 2,35	IV médio	30
8 (PAN)	520 - 900	0,52 - 0,90	VIS IV próximo	15

- O TM possui 7 bandas espectrais;
- Inclui bandas do azul, verde, vermelho e infravermelho,
- Sendo uma no infravermelho próximo, duas no infravermelho médio, e uma no infravermelho termal.

Banda 1



Banda 2



Banda 3



Banda 4



Banda 5



Banda 6



Banda 7



Banda 8

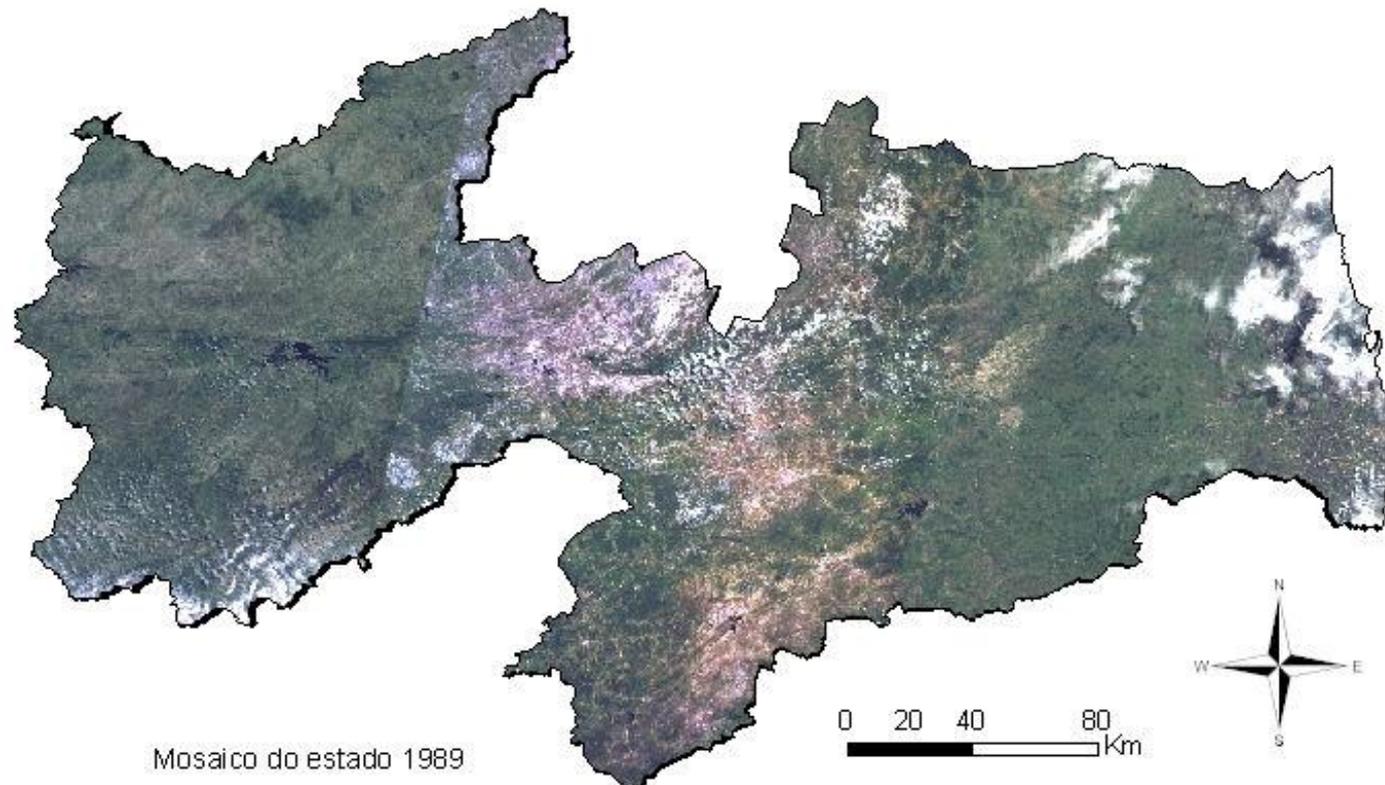


Satélite Landsat - Sensor TM

Canal	Faixa Espectral (um)	Principais aplicações
1	0.45 - 0.52	Mapeamento de águas costeiras Diferenciação entre solo e vegetação Diferenciação entre vegetação coníferas e decídua
2	0.52 - 0.60	Reflectância de vegetação verde sadia
3	0.63 - 0.69	Absorção de clorofila Diferenciação de espécies vegetais
4	0.76 - 0.90	Levantamento de biomassa Delineamento de corpos d'água
5	1.55 - 1.75	Medidas de umidade da vegetação Diferenciação entre nuvens e neve
6	10.4 - 12.5	Mapeamento de estresse térmico em plantas Outros mapeamentos térmicos
7	2.08 - 2.35	Mapeamento hidrotermal



Estado da Paraíba



SPOT

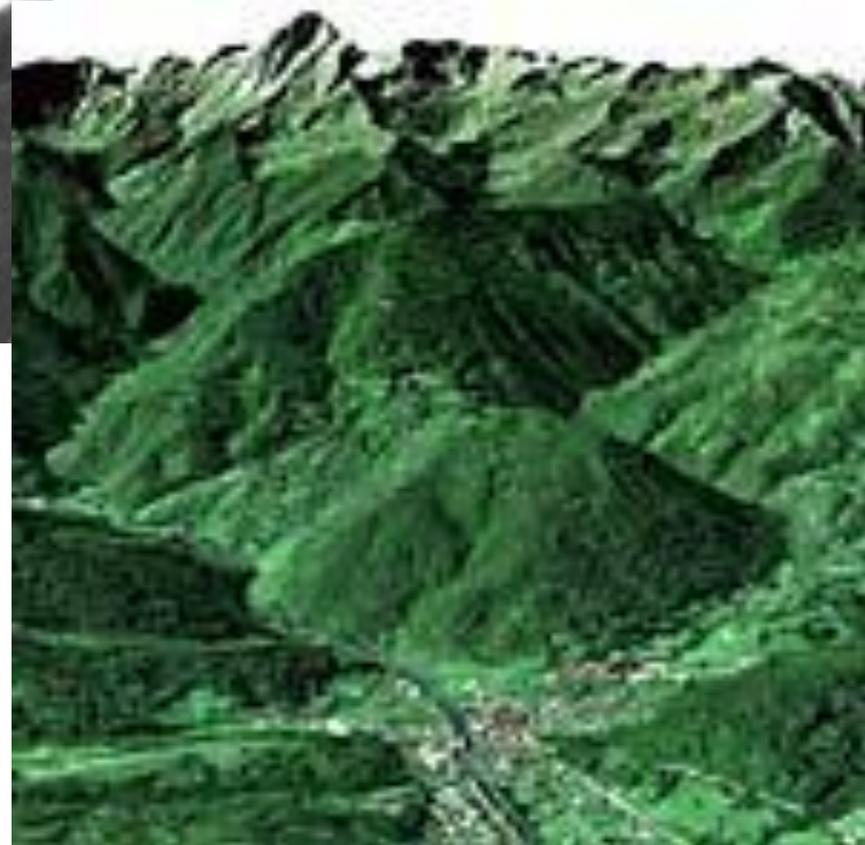
- Foi lançado em 1986;
- Possui 3 bandas: verde, vermelho e infravermelho próximo;
- Resolução espacial 20 x 20 m;
- Possui outro sensor que atua na região do visível: banda pancromática, resolução 10 x 10m;



SPOT



SPOT, está atualmente comercializando dados de Modelos Numéricos de Terreno (MNT ou DEM) por km².



IKONOS

- Foi o primeiro satélite comercial a produzir imagens com resolução de 1m;
- Foi lançado em 1999 e tornou-se operacional em 2000;
- O sensor a bordo possui 5 bandas: uma pancromática (4m), 3 no visível e uma no infravermelho próximo;
- Sua resolução temporal é de 2 a 3 dias.



Características do IKONOS

Altitude	680 km
Resolução Espacial	Pancromática: 1m Multiespectral: 4m
Bandas espectrais	Pan 0.45 - 0.90 μ Azul 0.45 - 0.52 μ Verde 0.52 - 0.60 μ Vermelho 0.63 - 0.69 μ Infravermelho próximo 0.76 - 0.90 μ
Imageamento	13km na vertical (cenas de 13km x 13km)
Frequência de Revisita	2.9 dias no modo Pancromático 1.9 dia no modo Multiespectral



CBERS

- O satélite CBERS (*China Brazil Earth Resources Satellite*) é fruto da cooperação entre Brasil e China.
- Ele foi lançado em 1999, projetado para cobertura global contendo câmaras para observação óptica e um sistema de coleta de dados ambientais.
- Ele possui três tipos de sistemas sensores de coleta de dados de sensoriamento remoto para recursos naturais: o sensor CCD, o IRMSS e o WFI.

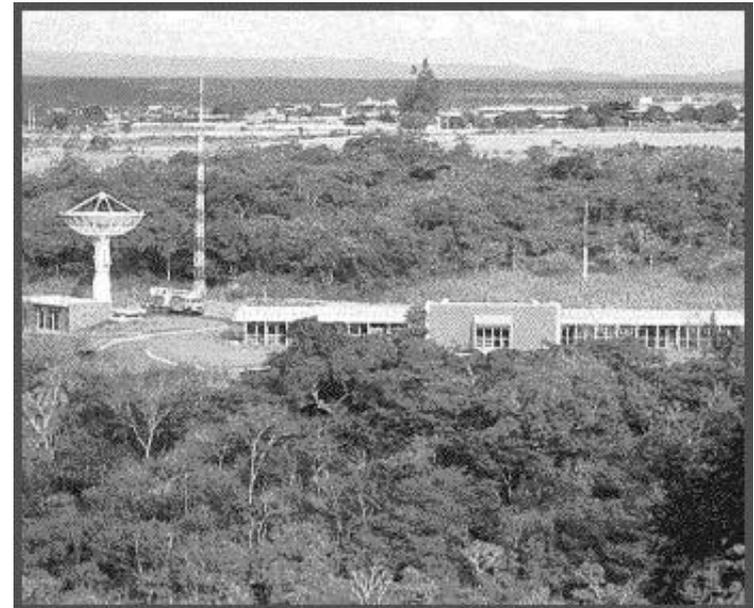


Recepção, Armazenamento e Distribuição dos Dados

- Os dados obtidos pelos sensores são em geral transmitidos diretamente para uma estação receptora;
- No Brasil, as estações de recepção de dados de satélites de alta resolução são operadas pelo INPE e localizam-se em Cuiabá, MT

Estação Terrena de Rastreo e Comando de Satélite em Cuiabá, estado do Mato Grosso, Brasil.

Essas antenas são de grande diâmetro e com capacidade de rastreo.



Recepção, Armazenamento e Distribuição dos Dados

- Em Cachoeira Paulista, SP. Nesta estação os dados são calibrados em termos de radiometria (calibração dos sensores devido diferenças entre os diversos detetores usados em um mesmo sensor e/ou degradação dos mesmos ao longo do tempo).
- Nessa estação, então são gerados os produtos para os usuários finais.



Links Recomendados

- [HTTP://LABGEO.BLOGSPOT.COM/2007/10/SEN_SORIAMENTO-REMOTO-APOSTILA-E-NOTAS_10.HTML](http://LABGEO.BLOGSPOT.COM/2007/10/SEN_SORIAMENTO-REMOTO-APOSTILA-E-NOTAS_10.HTML)
- [HHTTP://WWW.UFSM.BR/PETAGRONOMIA/APOSTILAS/V1_INPE.PDF](http://WWW.UFSM.BR/PETAGRONOMIA/APOSTILAS/V1_INPE.PDF)
- <http://www.dgi.inpe.br/html/imagens.htm>





F I M