

***FLG 0109***  
***Análise Espacial e***  
***Geoprocessamento***

**SENSORIAMENTO REMOTO E**  
**PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

**Prof. Dr. Reinaldo Paul Pérez Machado**

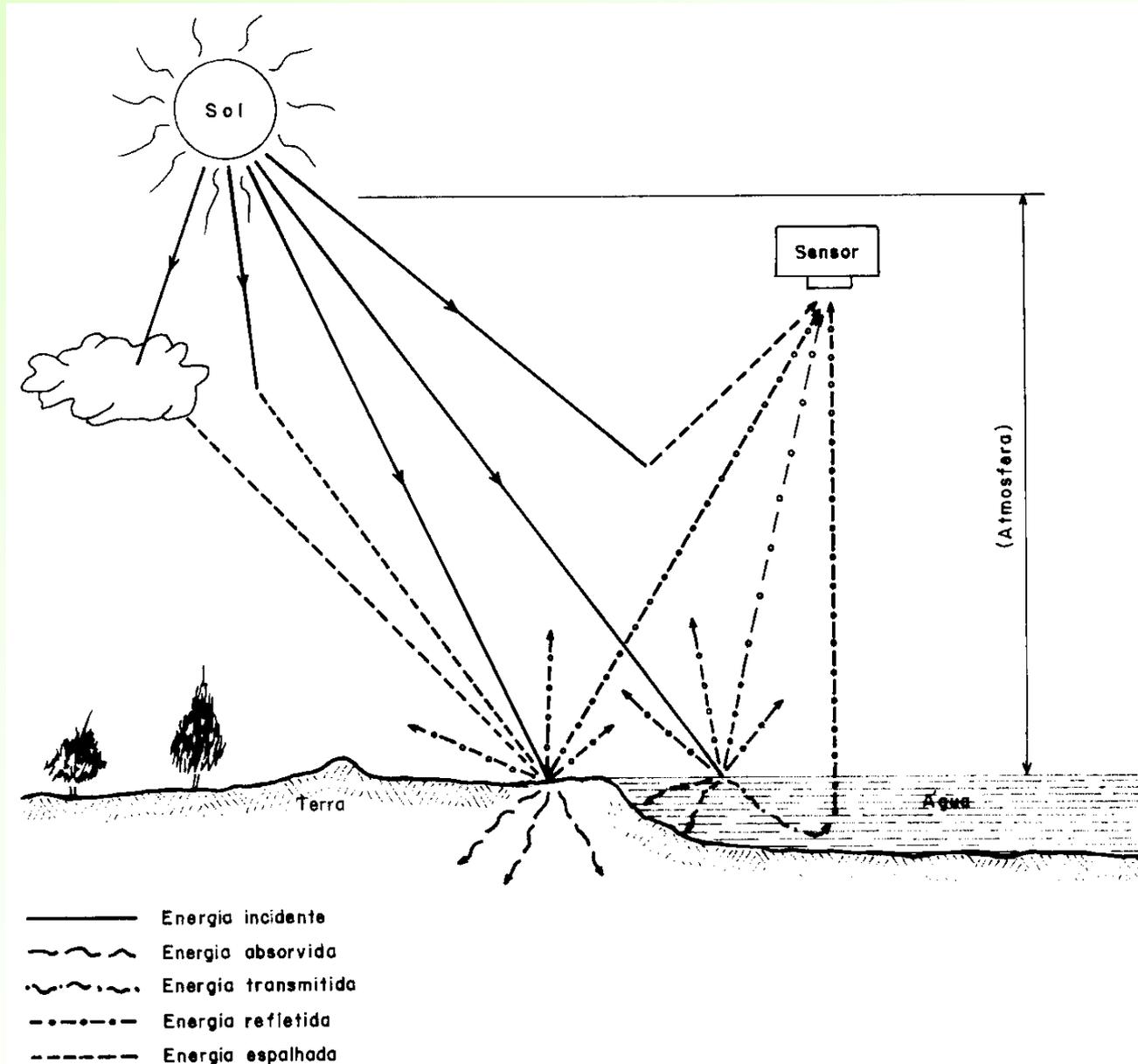
# O que é Sensoriamento Remoto?

Arte e ciência da obtenção de informação sobre um objeto *sem contato físico direto* com o ele. É a tecnologia científica que pode ser usada para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas (JENSEN, 2000).

# O que é Sensoriamento Remoto?

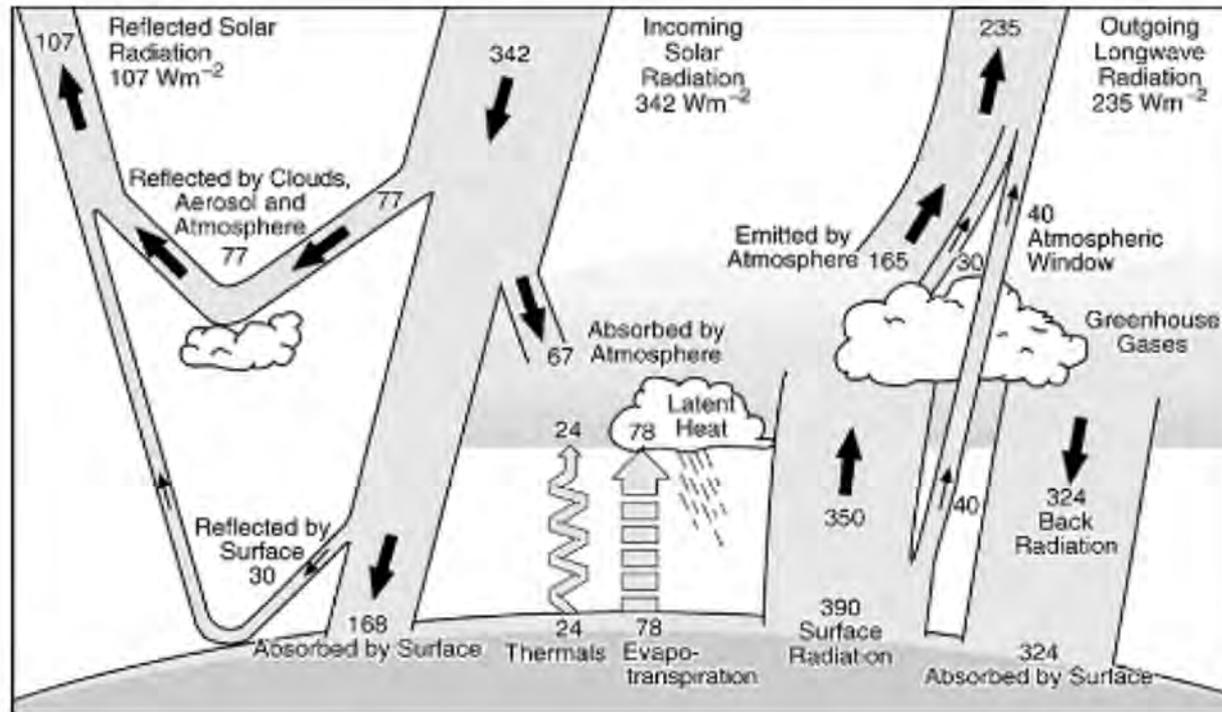
Utilização conjunta de modernos equipamentos sensores, equipamentos para processamento dos dados, equipamentos de transmissão, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e das interações entre as **radiações eletromagnéticas** e as substâncias componentes do planeta terra em suas mais diversas manifestações (NOVO, 1993).

# Interação da radiação eletromagnética



# Balanço energético da Terra

The Earth's Energy Budget



The Greenhouse gases (Water vapour, Carbon Dioxide, Methane) absorb and re-emit Longwave (LW) radiation from the earth. The planet is warmer (by about 30C) than one would expect based on the shortwave radiation intercepted from the sun. The extent this LW recycling depends on the absorption properties of the atmosphere.

# Interações com a Atmosfera

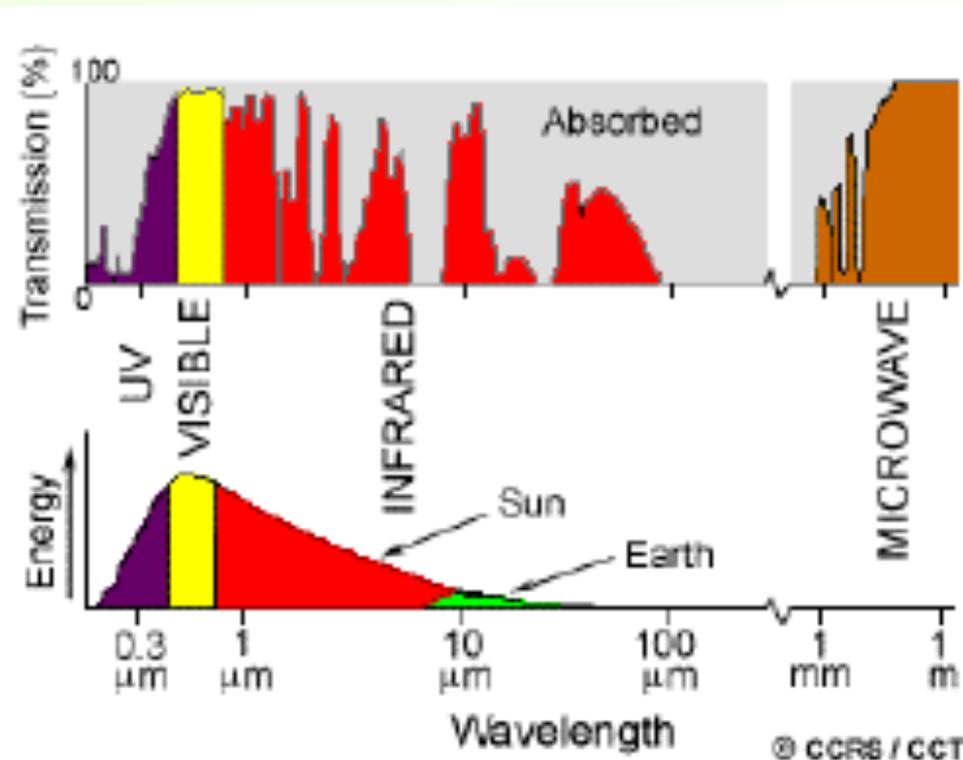
- Absorção

- Principais componentes:

- Ozônio → Radiação UV
    - Dióxido de Carbono → Radiação no infravermelho distante
    - Vapor d'água → no infra-vermelho próximo e nas microondas

- Janelas Atmosféricas

- Quantidade de energia inversamente proporcional ao comprimento de onda



# Interação REM / Alvo

- Interação com os alvos
  - Energia Incidente (I):
    - Absorção;
    - Transmissão;
    - Reflexão;
  - A quantidade de energia de cada tipo de interação é determinada pelas propriedades físico químicas do alvo.



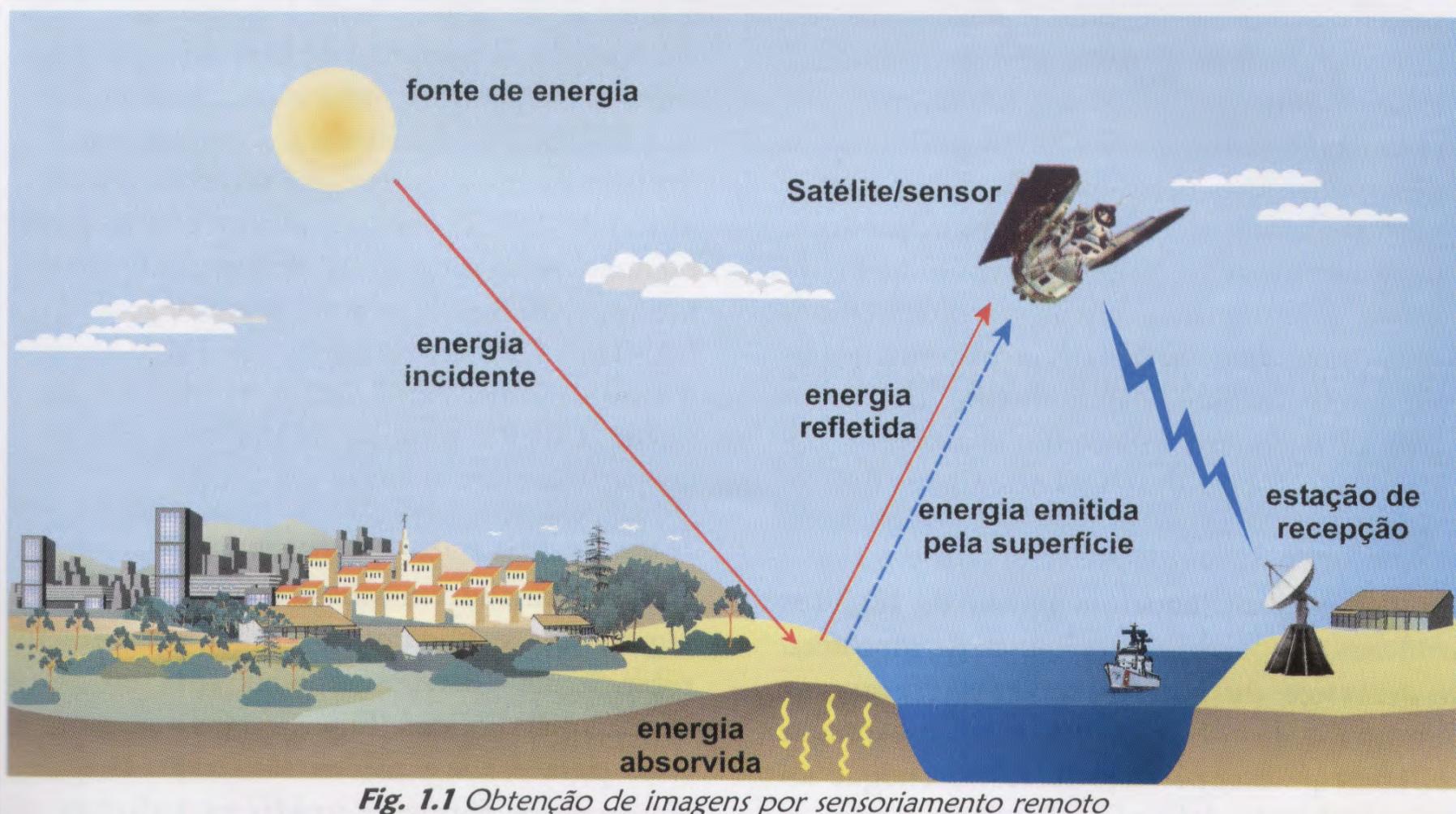
# Principais Divisões

Sensoriamento Remoto Orbital (Satélites)

Sensoriamento Remoto Aéreo (Aviões) e  
Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT (Drones)

Levantamentos em campo

# Aquisição de dados com plataforma orbital



# Aquisição de dados com plataforma aérea

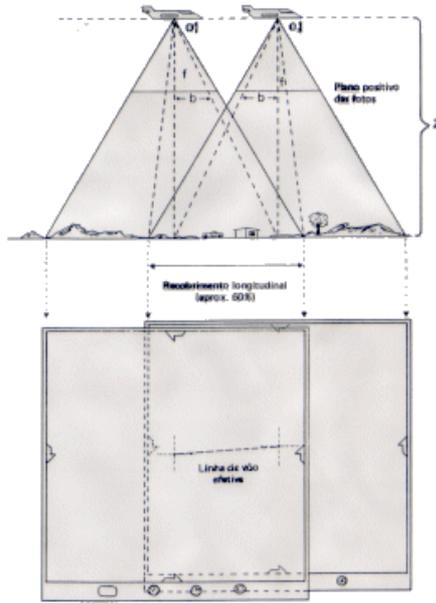
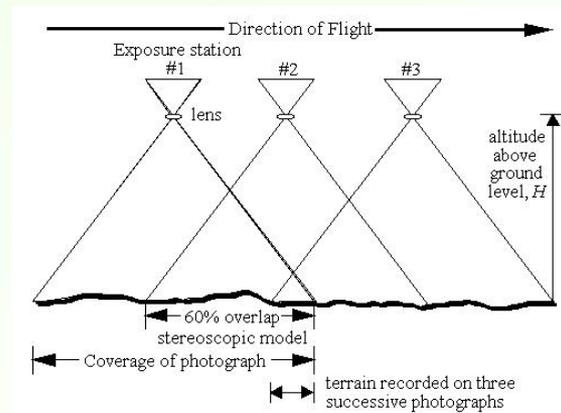
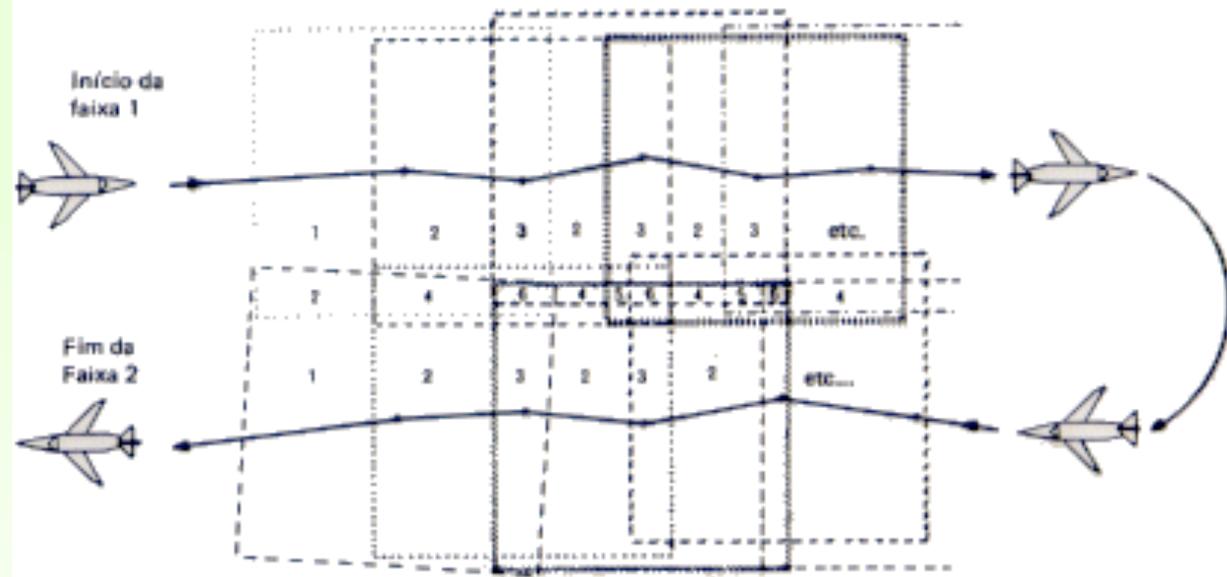
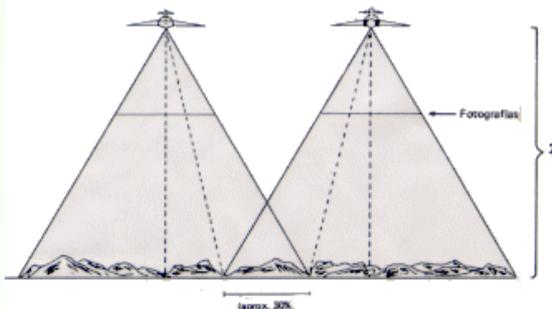


fig. 4.3 - Recobrimento longitudinal



# Aeronave para aerofotogrametria



# Aeronave para aerofotogrametria



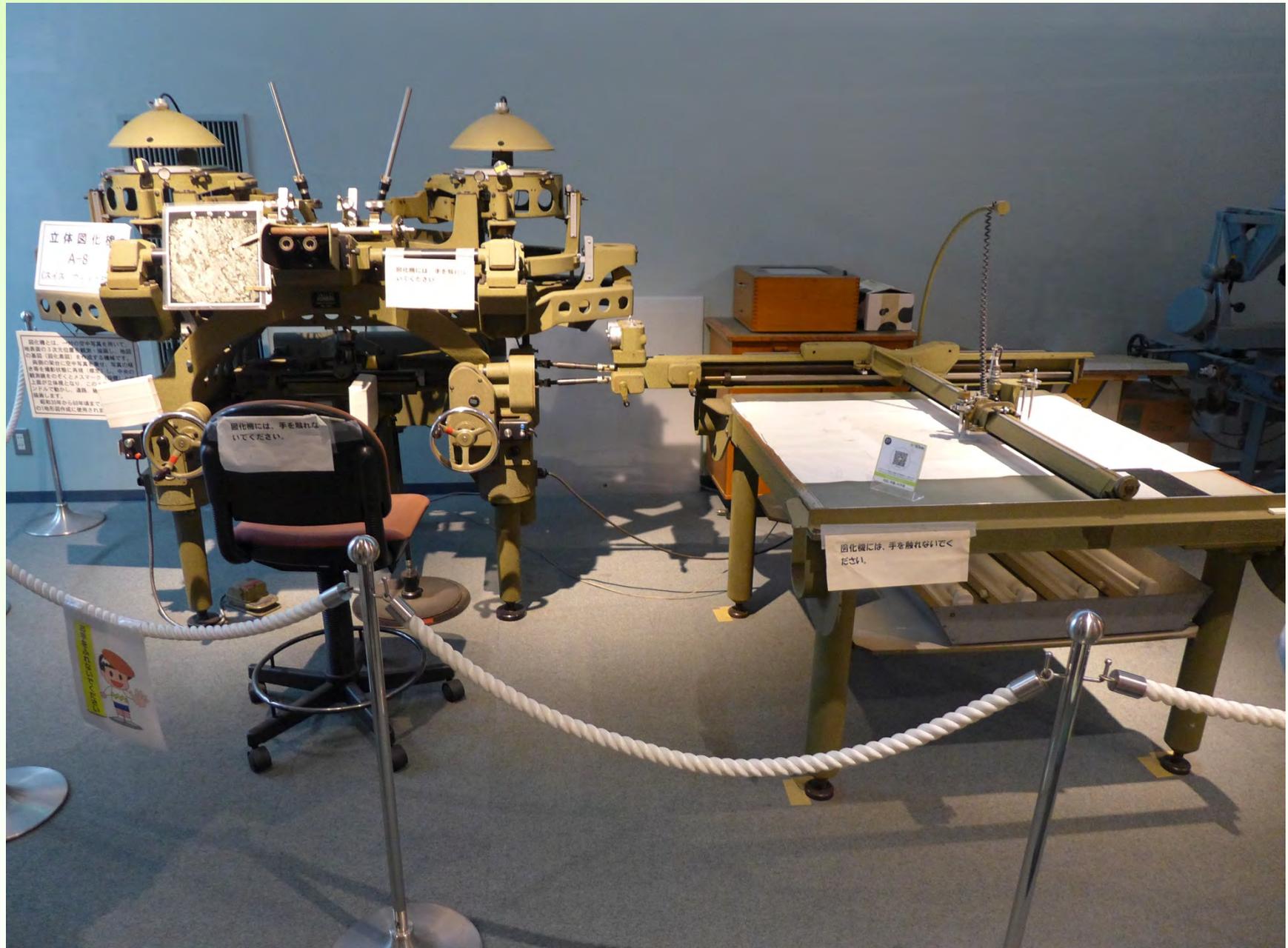
# Janela para posicionamento da câmera



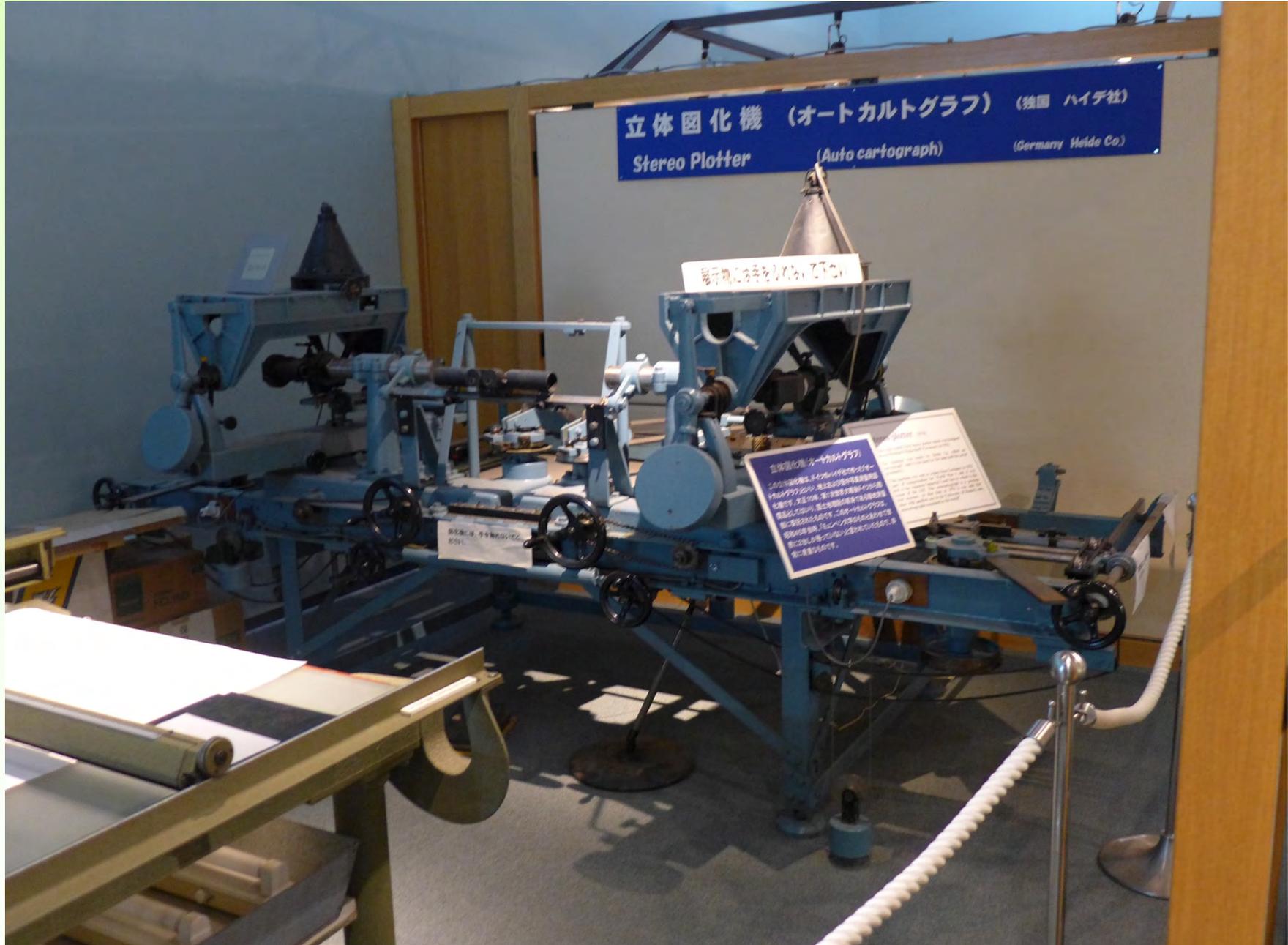
# Objetiva da câmera métrica



# Restituidor Estereoscópico e Plotter acoplado



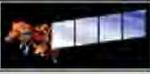
# Estéreo Plotter



# Estereoscópio de Espelho

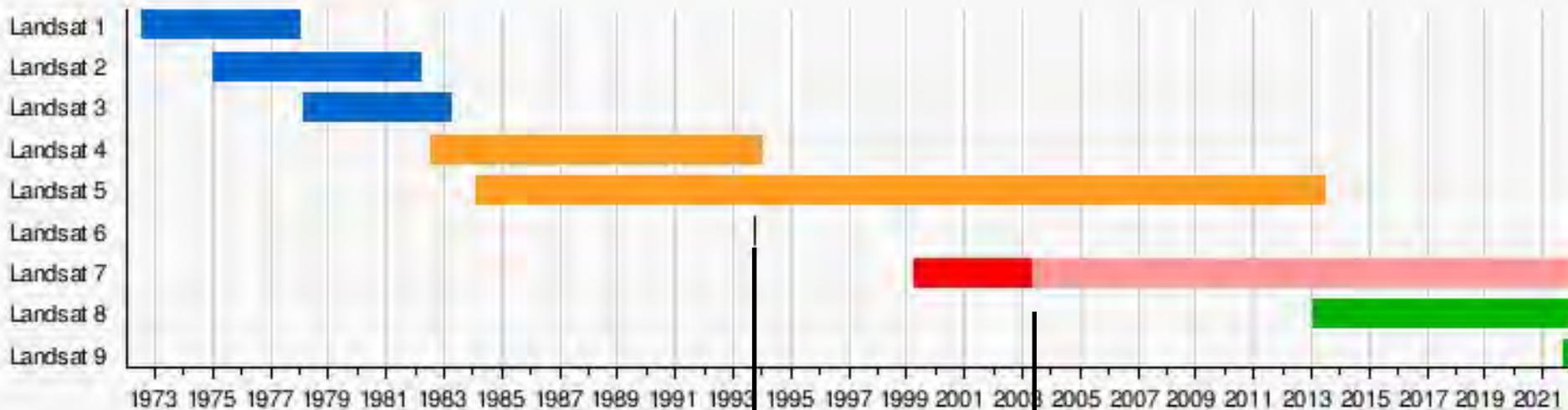


# Programa Landsat

Instrument	Picture	Launched	Terminated	Duration	Notes
<a href="#">Landsat 1</a>		July 23, 1972	January 6, 1978	2 years, 11 months and 15 days	Originally named Earth Resources Technology Satellite 1.
<a href="#">Landsat 2</a>		January 22, 1975	February 25, 1982	2 years, 10 months and 17 days	Nearly identical copy of Landsat 1
<a href="#">Landsat 3</a>		March 5, 1978	March 31, 1983	5 years and 26 days	Nearly identical copy of Landsat 1 and Landsat 2
<a href="#">Landsat 4</a>		July 16, 1982	December 14, 1993	11 years, 4 months and 28 days	First of the TM sensors with 30 m spatial resolution.
<a href="#">Landsat 5</a>		March 1, 1984	June 5, 2013 <sup>[7]</sup>	29 years, 3 months and 4 days	Nearly identical copy of Landsat 4. Longest Earth-observing satellite mission in history.
<a href="#">Landsat 6</a>		October 5, 1993	October 5, 1993	0 days	Failed to reach orbit.
<a href="#">Landsat 7</a>		April 15, 1999	Still active	16 years, 11 months and 27 days	Operating with scan line corrector disabled since May 2003. <sup>[8]</sup>
<a href="#">Landsat 8</a>		February 11, 2013	Still active	3 years and 2 months	Originally named Landsat Data Continuity Mission from launch until May 30, 2013.
<a href="#">Landsat 9</a>			September 27, 2021		Landsat 9 is a rebuild of its predecessor Landsat 8

# Programa Landsat

## Chronological Launch and Retirement History



Data prevista para o fim da operação



Data da avaria no SLC

# Landsat 7

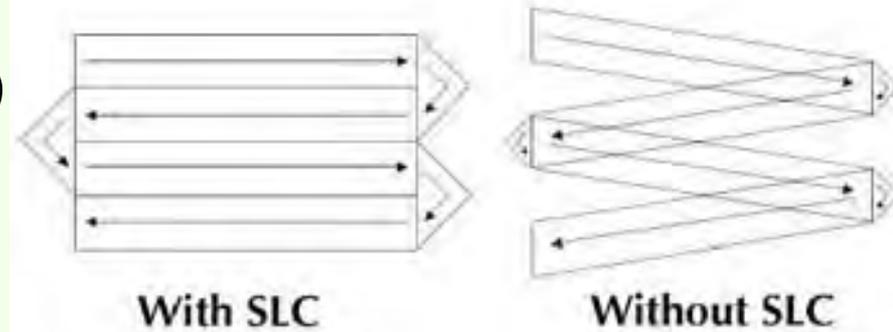


- **15 de abril de 1999. Lançamento em Vandenberg, California**
- Primeiras cenas capturadas em 18 de abril de 1999
- 09 bandas espectrais com 8 bits (256 tons de cinza)
- Mesma resolução espacial que seus antecessores (30 m nos canais multiespectrais e 15 m no pancromático)

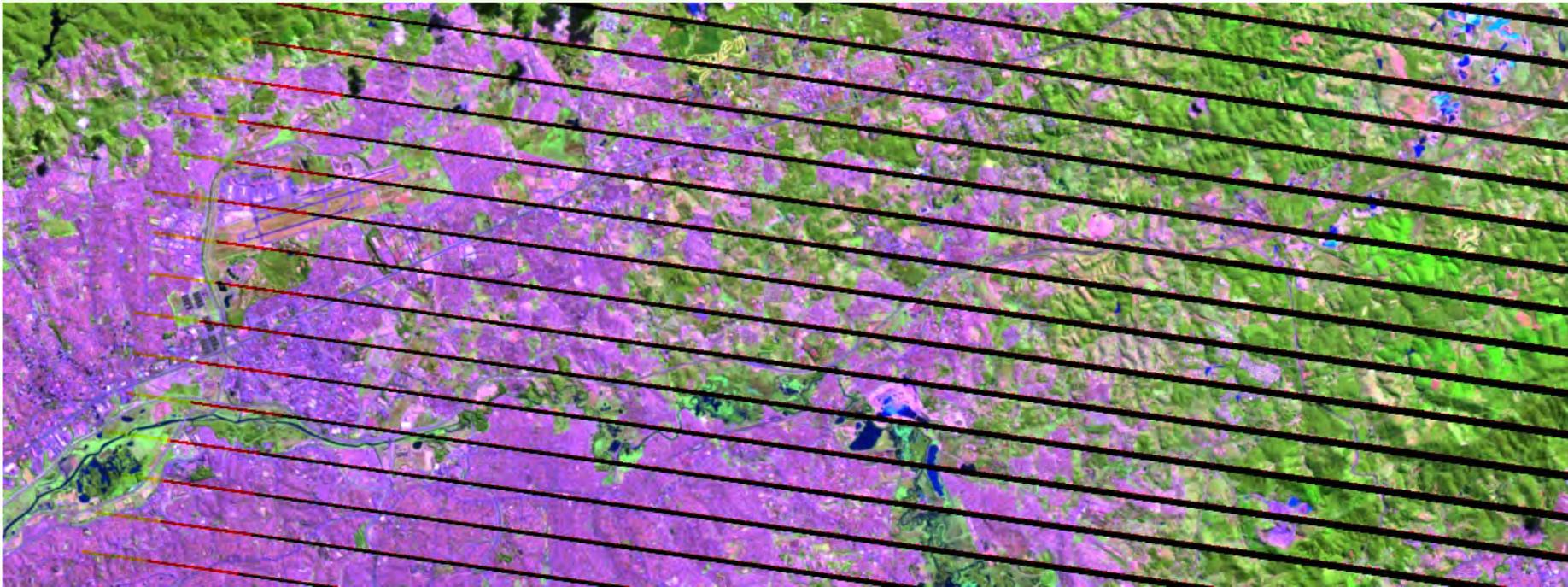
# Landsat 7

Erro de imageamento a partir de 31-05-2003

Efeitos do *Scan Line Corrector (SLC)* sobre as imagens do sensor ETM+.



Fragmento de cena na Região de Guarulhos.



# Landsat 8



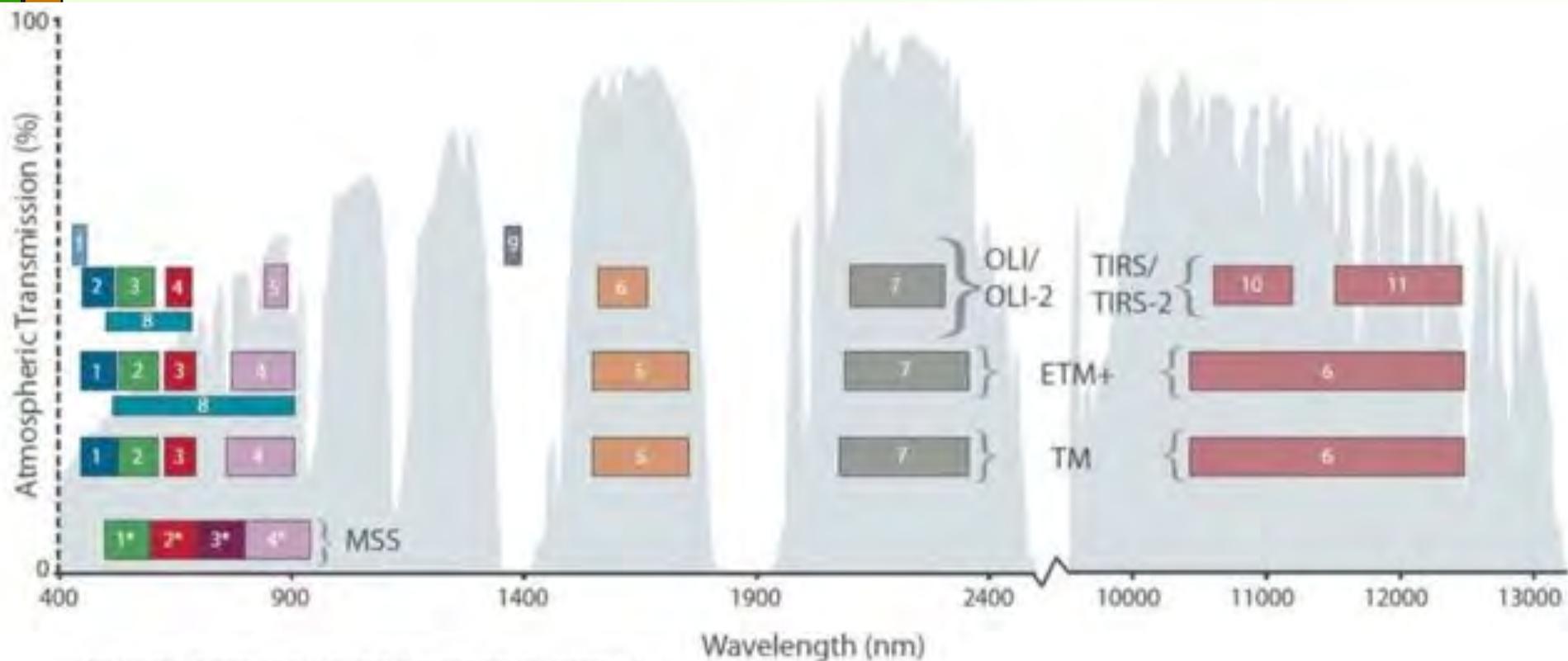
- **11 de fevereiro de 2013. Lançamento em Vandenberg, California**
- Primeiras cenas capturadas em maio de 2013
- 11 bandas espectrais (3 a mais que o LS7)
- Resolução radiométrica 12 bits (4096 tons de cinza)
- Mesma resolução espacial que seu antecessor (30 m nos canais multiespectrais e 15 m no pancromático)

# Landsat 9



- **27 de setembro de 2021. Lançamento em Vandenberg, California**
- Primeiras cenas capturadas em outubro de 2021
- Sensor operacional desde janeiro de 2022
- 11 bandas espectrais (similar ao LS8)
- Resolução radiométrica 14 bits (16384 tons de cinza)
- Projetado para operar junto ao LS8, os dois satélites coletarão aproximadamente 1.500 imagens da superfície da Terra todos os dias, cobrindo o globo a cada oito dias.

# Comparação da resolução espectral de todos os sensores da série até Landsat-8/9 OLI/TIR



\*MSS bands 1-4 were known as bands 4-7, respectively, on Landsats 1-3

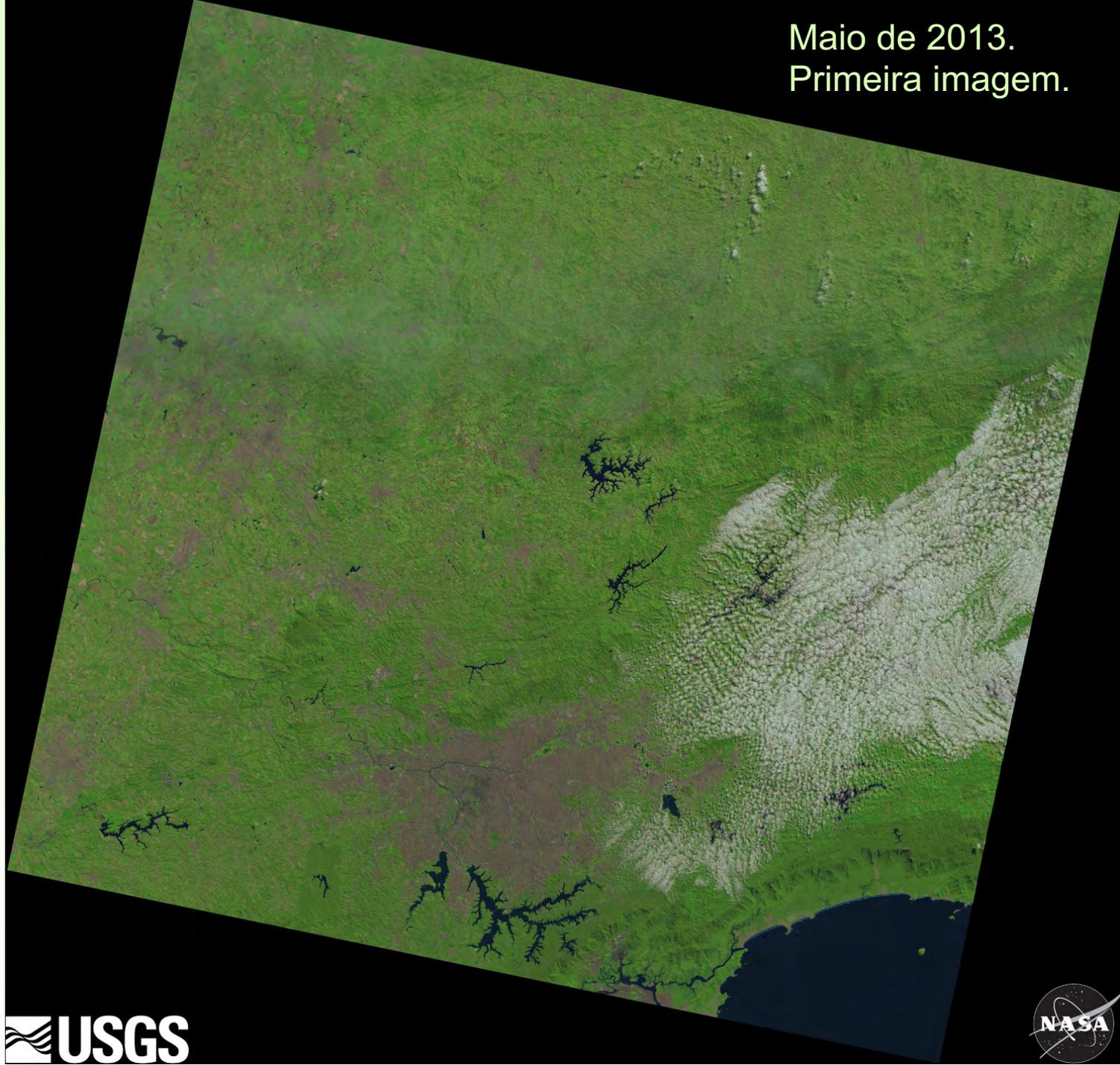
# Landsat 8

(195 X 135 km)

Resolução

Espacial de 30 m

Maio de 2013.  
Primeira imagem.



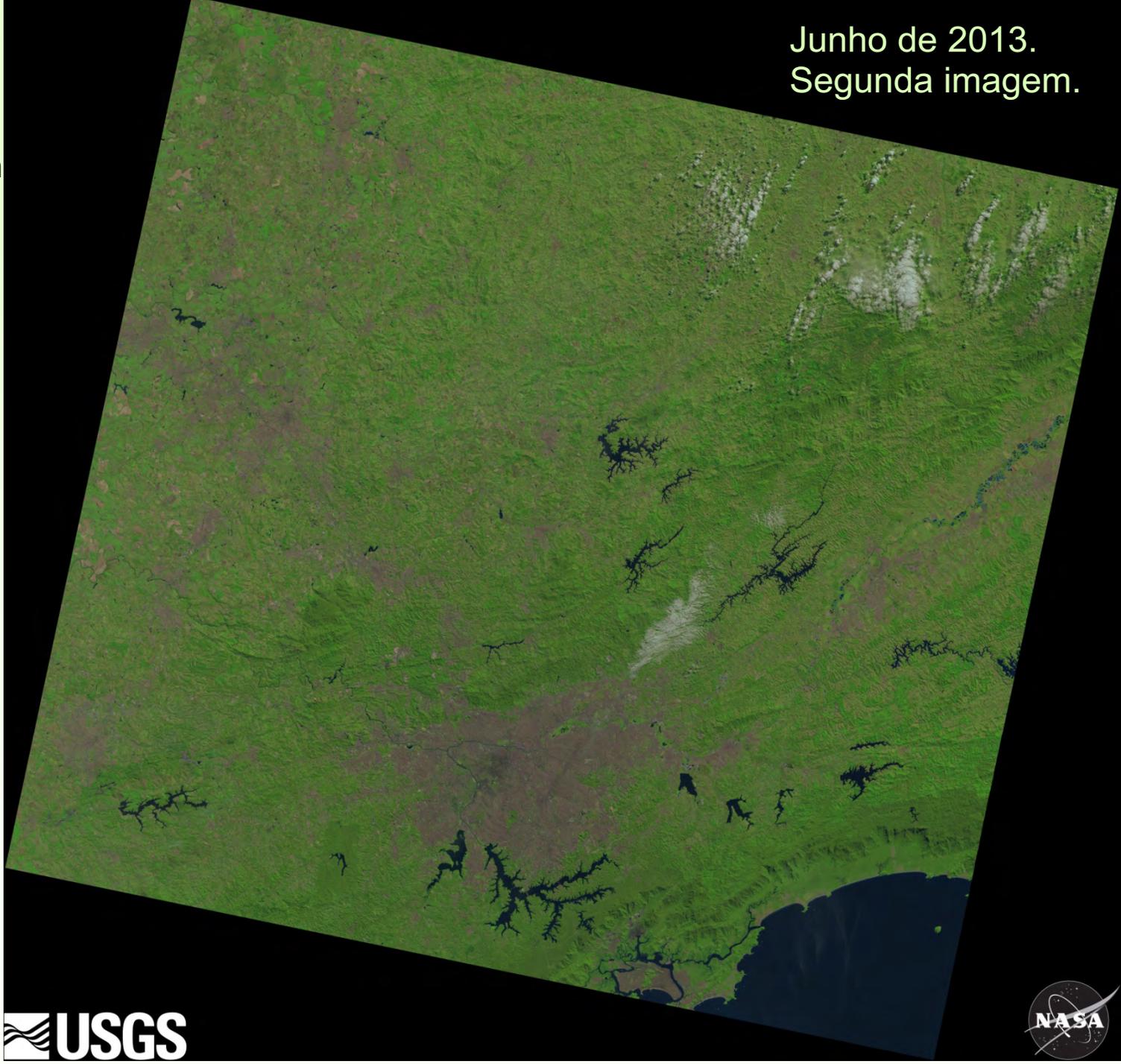
# Landsat 8

(195 X 135 km)

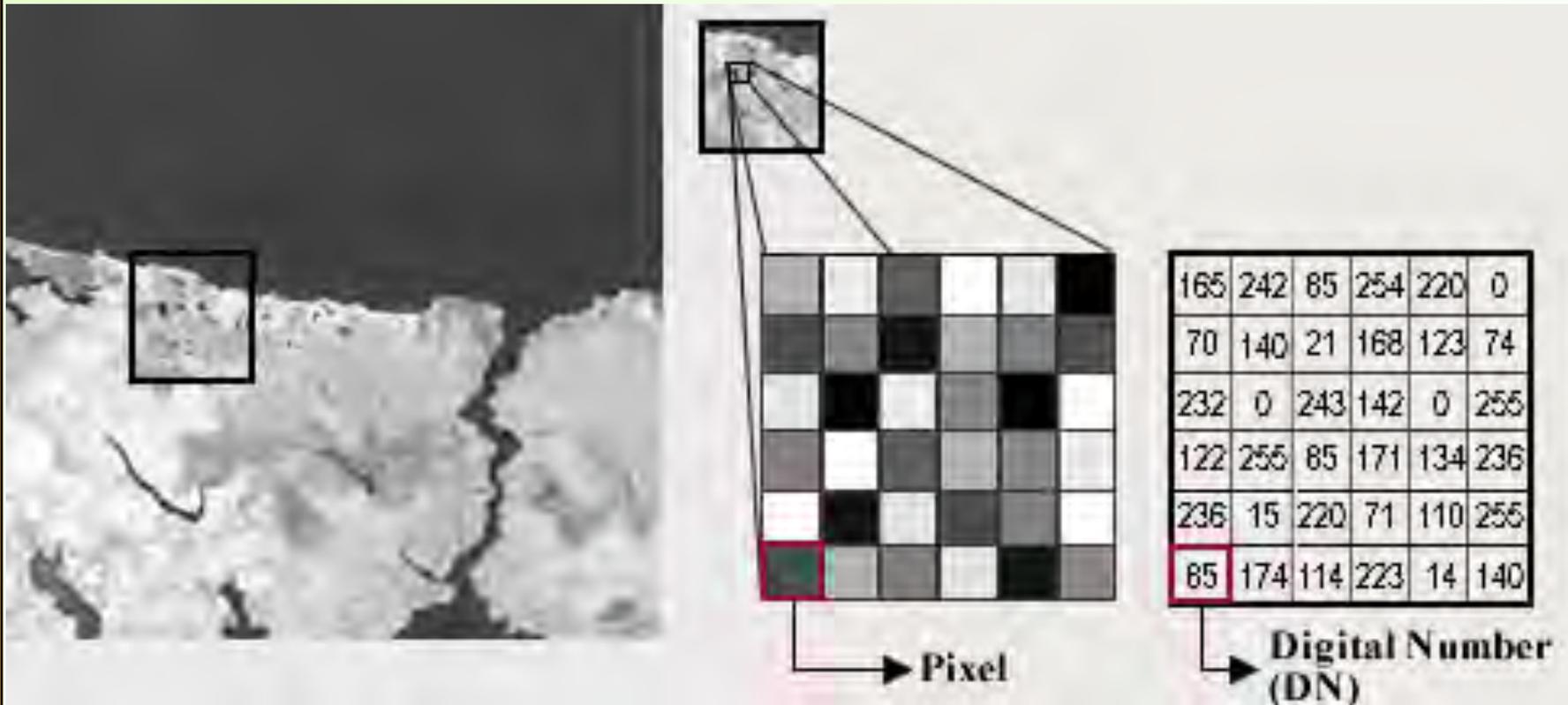
Resolução

Espacial de 30 m

Junho de 2013.  
Segunda imagem.



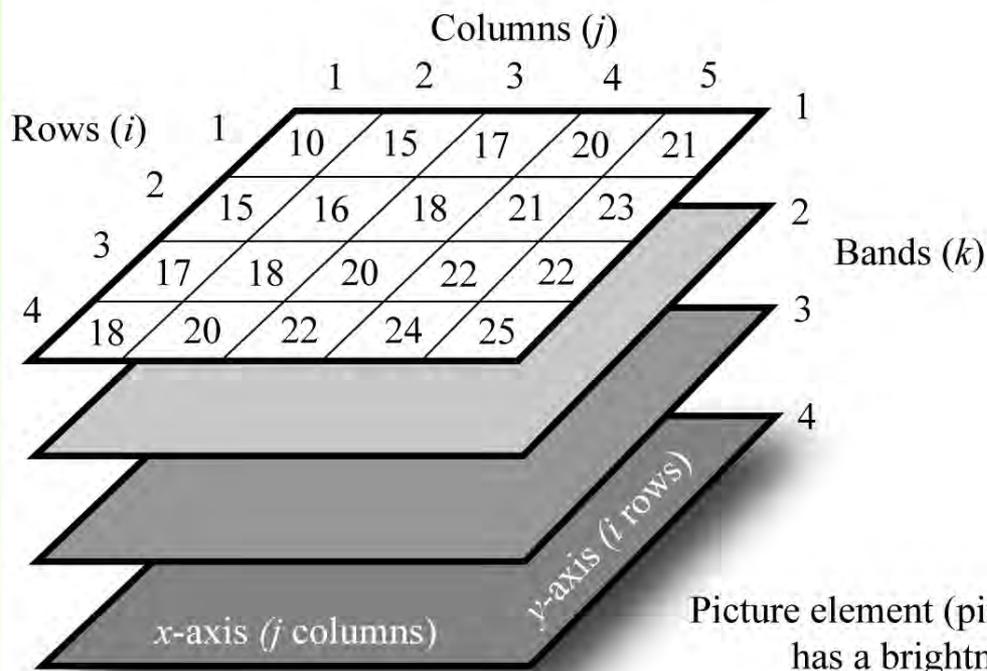
# Estrutura de uma imagem digital de 8 bits:



$2 \times 2 = 4$ ,  $4 \times 2 = 8$ ,  $8 \times 2 = 16$ ,  $16 \times 2 = 32$ ,  $32 \times 2 = 64$ ,  $64 \times 2 = 128$ ,  $128 \times 2 = 256$   
(256 valores –DN– que são atribuídos a tons de cinza)

# Estrutura de uma imagem digital

## Digital Image Terminology



Brightness value  
range (often 8-bit)

255 — white

127 — gray

0 — black

Associated  
grayscale



Picture element (pixel) at location row 4, column 4, band 1  
has a brightness value of 24, i.e.,  $BV_{4,4,1} = 24$

# Base 2 (binária)

Potências de 2:

bits	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1024
11	2048
12	4096
13	8192
14	16184

↙ 1byte

↙ 1Kbyte

**Usando 2 bits**

(total de números distintos = 4):

$$00 = 0+0 = 0$$

$$01 = 0+1 = 1$$

$$10 = 2+0 = 2$$

$$11 = 2+1 = 3$$

Potências de K(byte):

$$1024 = 1\text{K}$$

$$1.048.576 = 1\text{ Mega}$$

$$1.073.741.824 = 1\text{ Giga}$$

**8bits = byte**

**Usando 8 bits** (total de números distintos = 256)

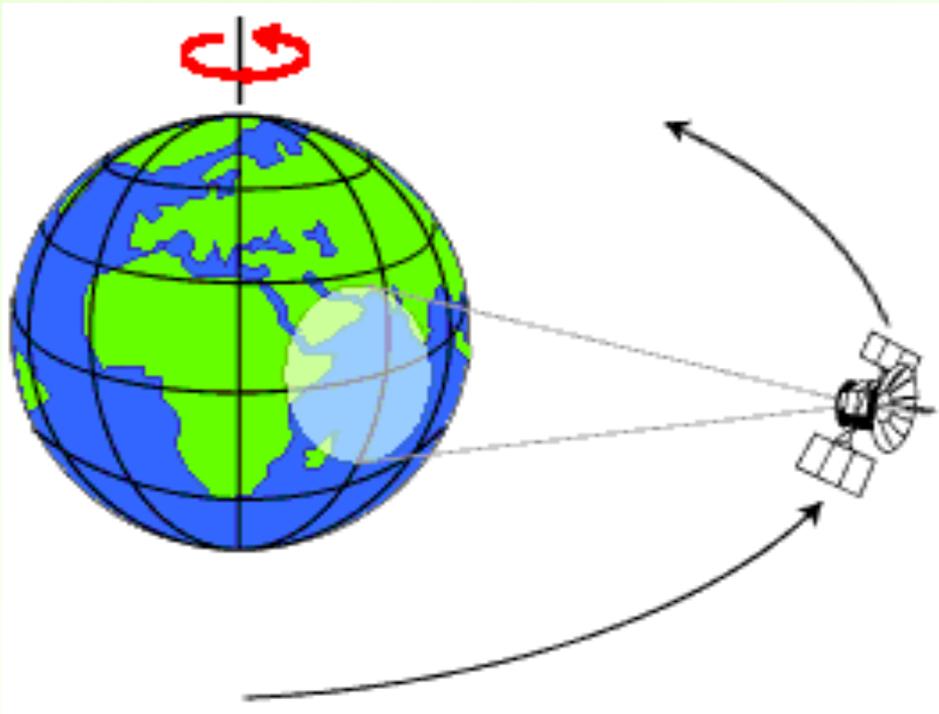
**Usando 14 bits** (total de números distintos = 16.184)

# Órbita dos Satélites

# Órbita dos Satélites

- Caminho seguido por um satélite ao redor da Terra.
- Varia em altitude, orientação e rotação relativa em relação ao movimento da Terra.

# Órbita e Cobertura do Terreno

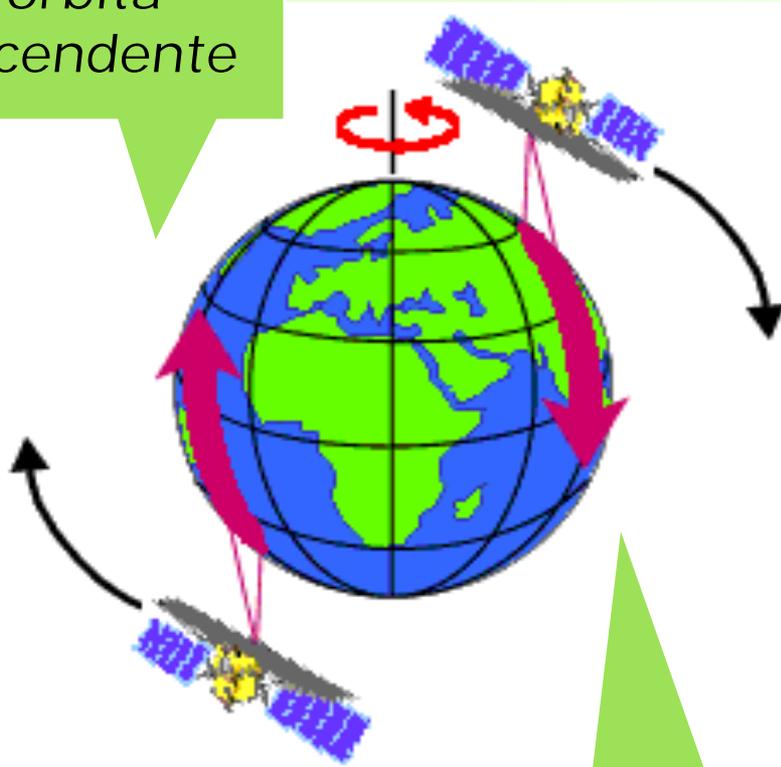


CCRS

- **Órbita Geoestacionária**
  - Satélite em velocidade = Terra
  - Estacionado em relação a Terra
  - Sat. Comunicação e de Meteorologia

# Órbita e Cobertura do Terreno

órbita  
ascendente



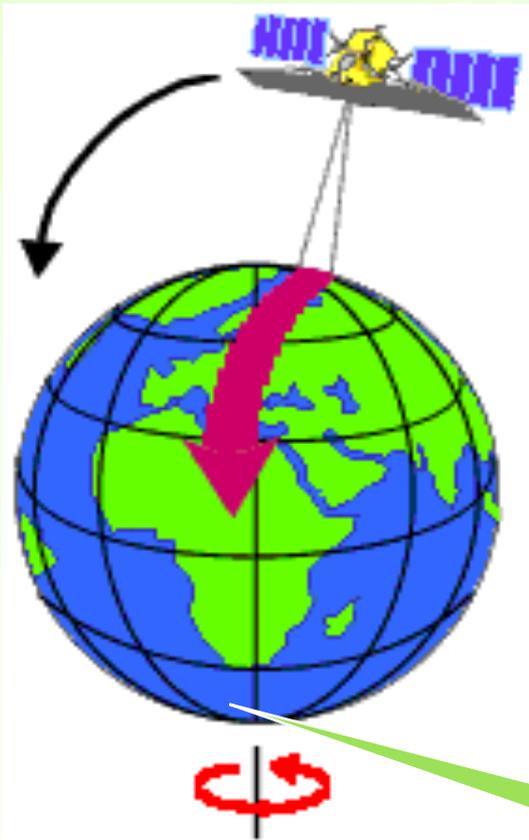
CCRS

órbita  
descendente

- **Órbita Ascendente e Descendente**

- Satélite viaja em direção ao Pólo Norte num lado da Terra e em seguida em direção ao Pólo Sul do outro.

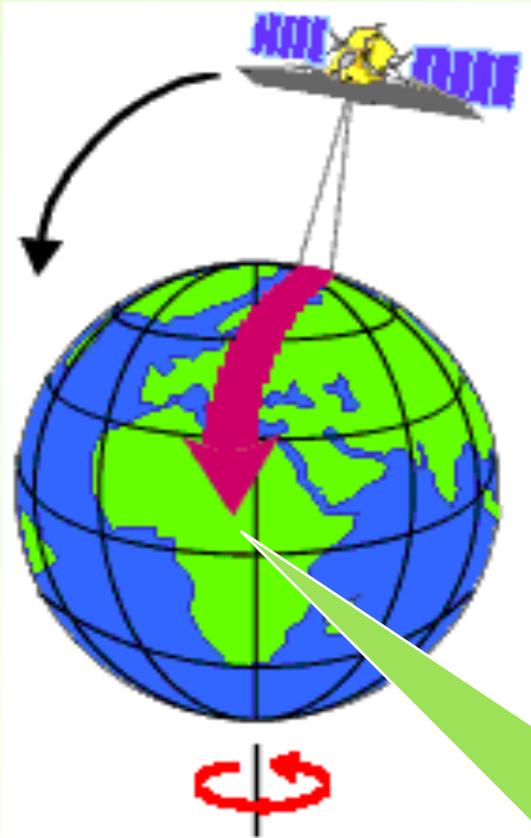
# Órbita e Cobertura do Terreno



- Órbita Quase-polar
  - Satélite viaja em numa rota inclinada em relação a uma linha Norte Sul

Órbita Quase-polar

# Órbita e Cobertura do Terreno

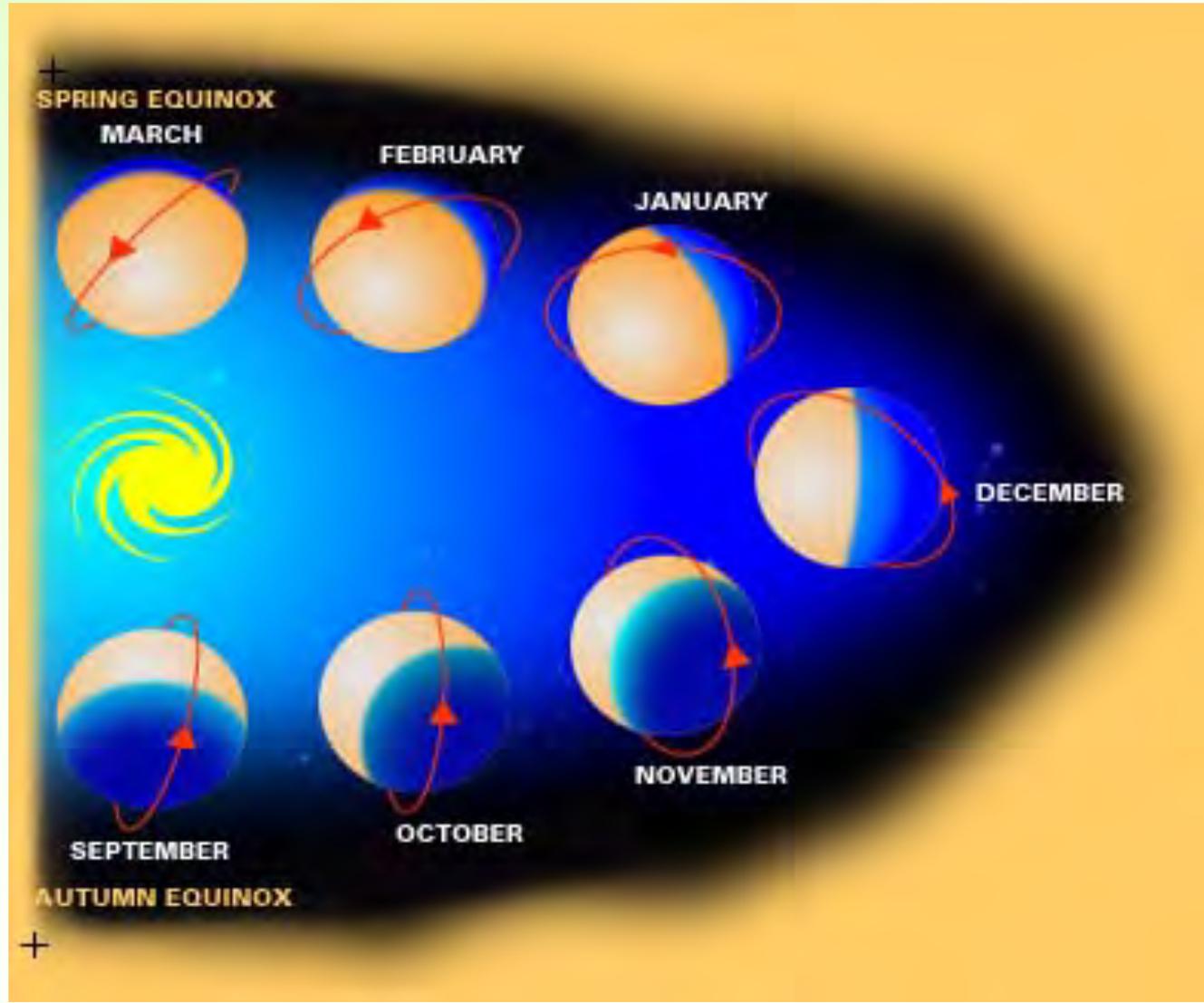


- Órbita Heliosíncrona ou Sol-síncrona
  - Satélite passa sobre cada área da Terra num mesmo horário do dia.
  - Propiciar e assegurar iluminação constante na hora da coleta dos dados.

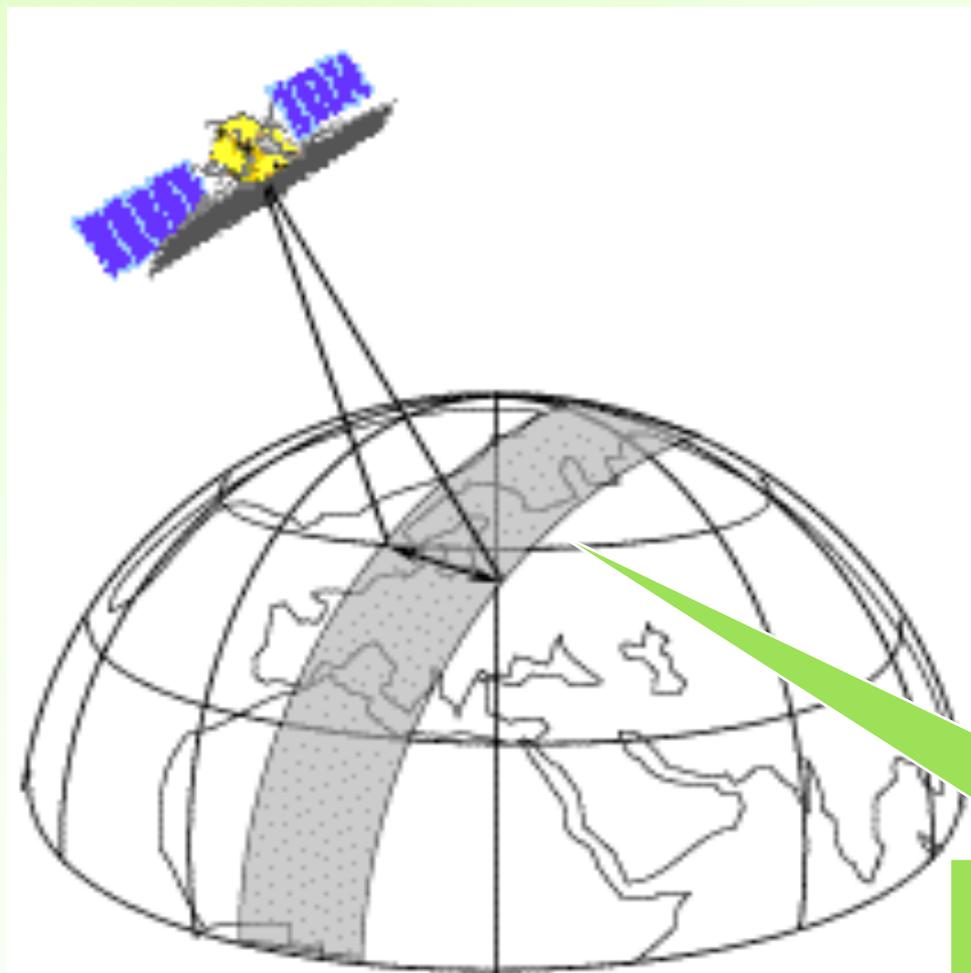
CCRS

*LANDSAT passa no Equador às 9:45*

# Órbita e Cobertura do Terreno: Órbita Heliosíncrona ou Sol-síncrona



# Órbita e Cobertura do Terreno

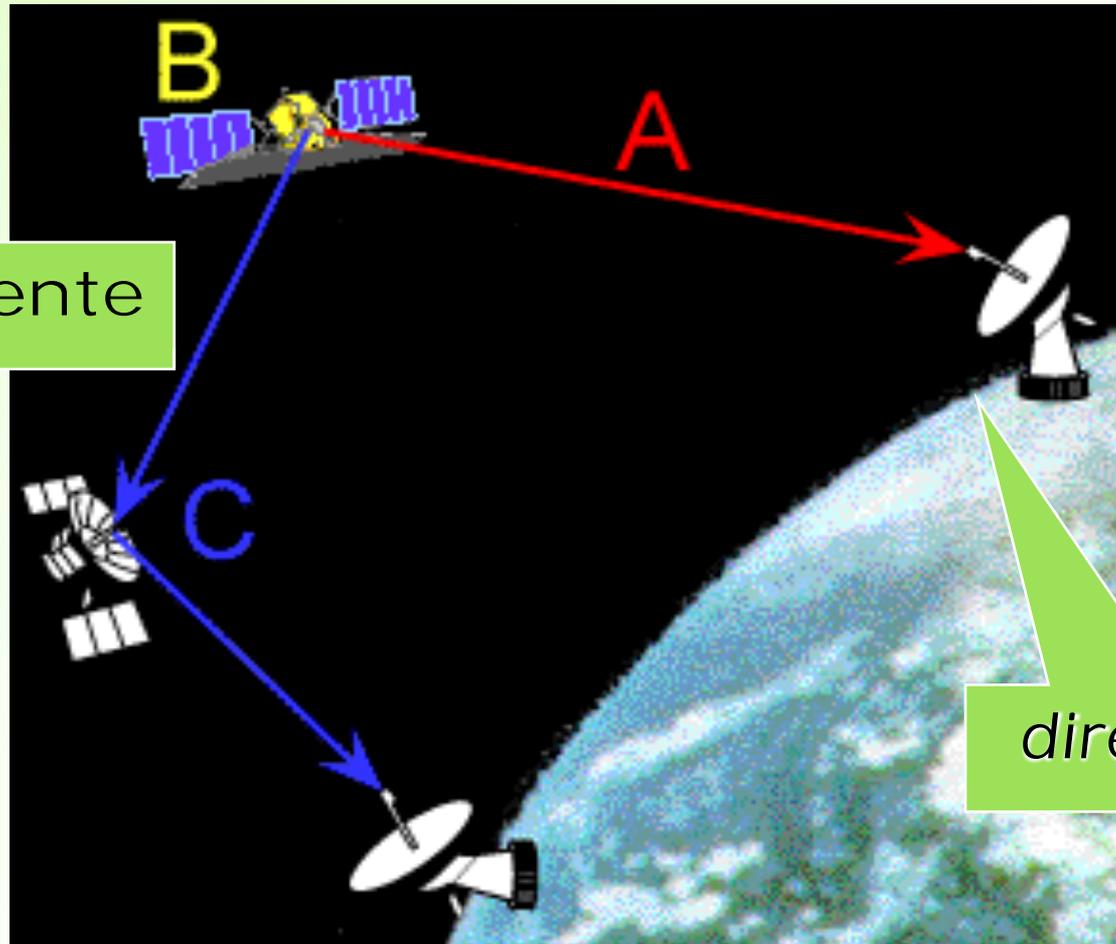


CCRS

- **Área de Cobertura do Terreno**
  - Porção que o Satélite “vê/capta/enxerga” da superfície do terreno no seu trajeto ao redor da Terra.

*Faixa depende do sensor: dezenas a centenas de km.*

# Recepção de dados



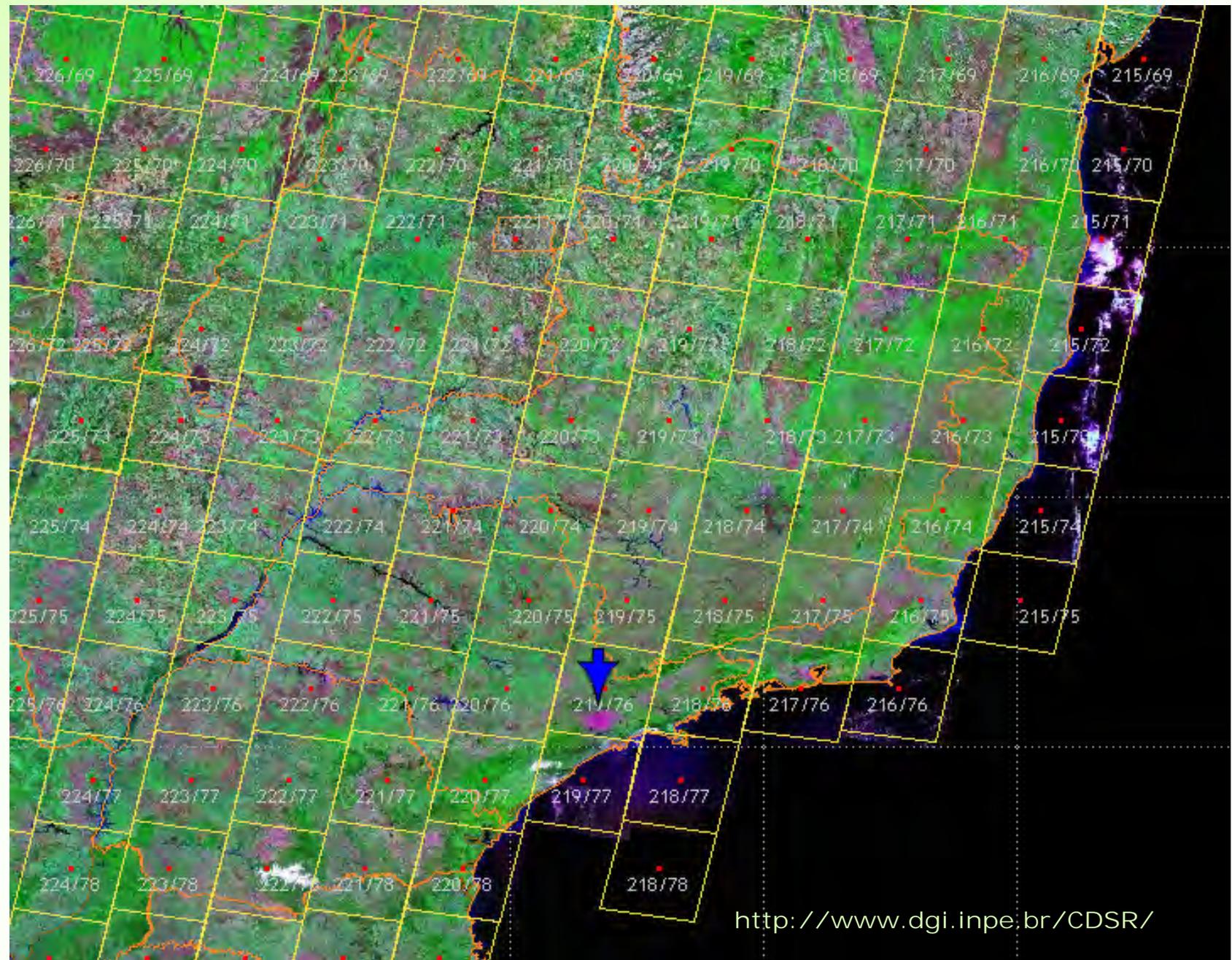
indiretamente

diretamente

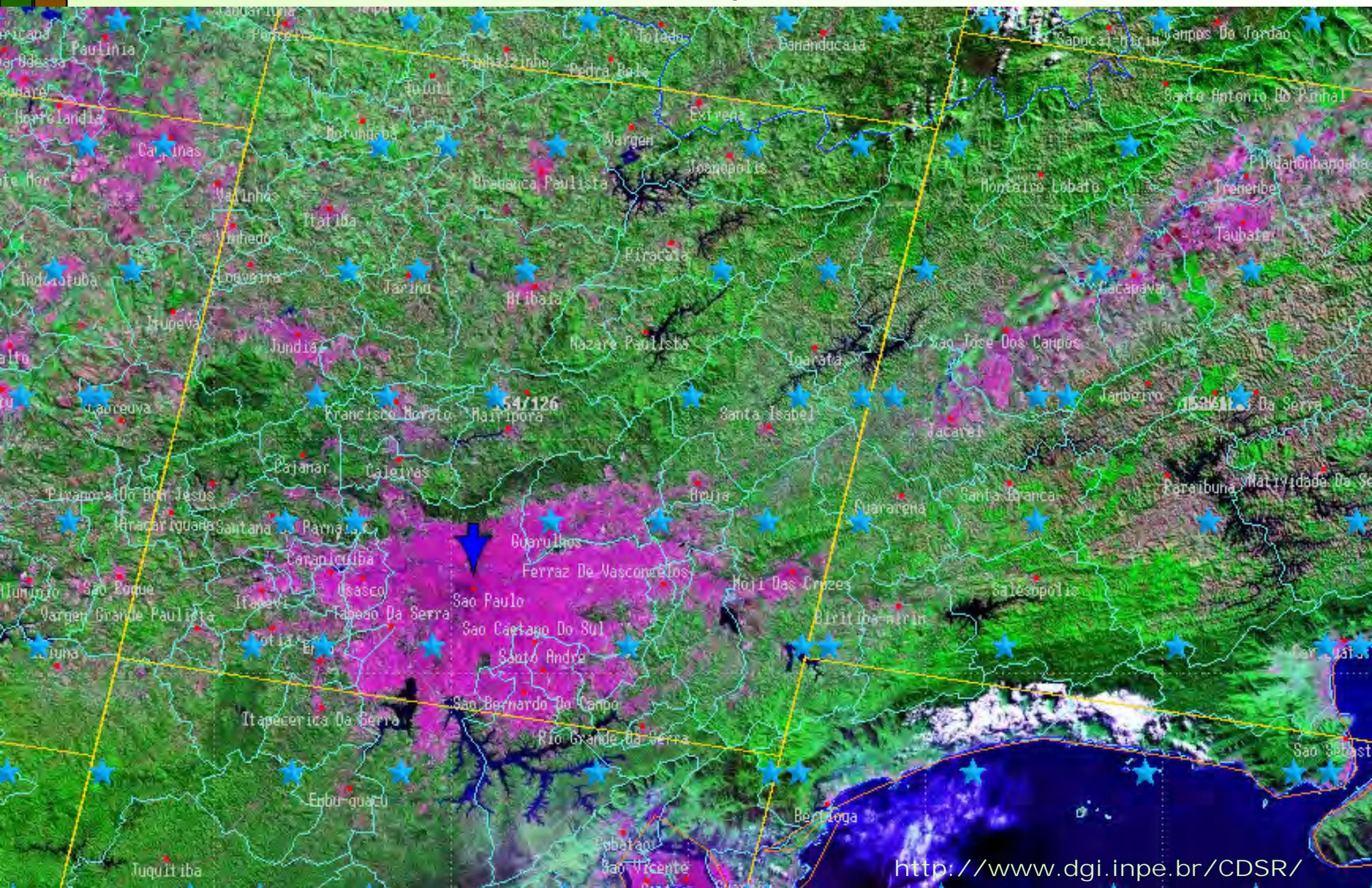
# Recepção de Dados: Estações de Recepção de Dados



# Localização das imagens Landsat-5 TM (órbita e ponto)



# Localização das imagens CBERS-2b CCD e HRC (órbita e ponto)



# Processamento digital de imagens:

## Funções

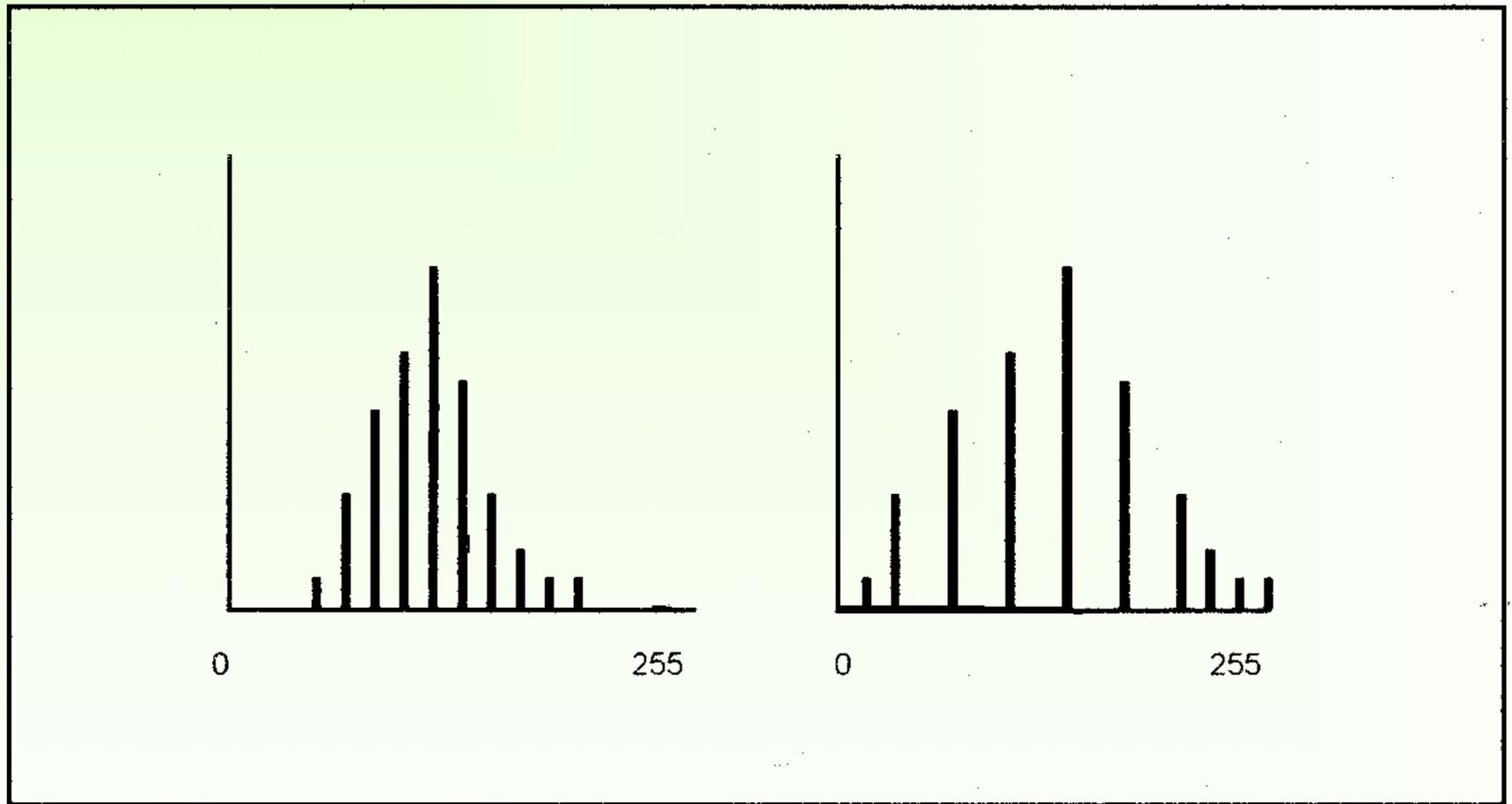
- ✓ Facilitar a identificação e extração da informação contida nas imagens para posterior interpretação;
- ✓ Remover ou amenizar degradações e distorções que limitam a capacidade visual humana;
- ✓ Processar grande quantidade de dados

# Processamento digital de imagens

O processamento digital de imagens de sensoriamento Remoto é dividido em:

- Pré-processamento: correção radiométrica e geométrica das imagens;
- Realce: aplicar contrastes nas imagens;
- Classificação: realizar o mapeamento utilizando algoritmos de agrupamento de padrões.

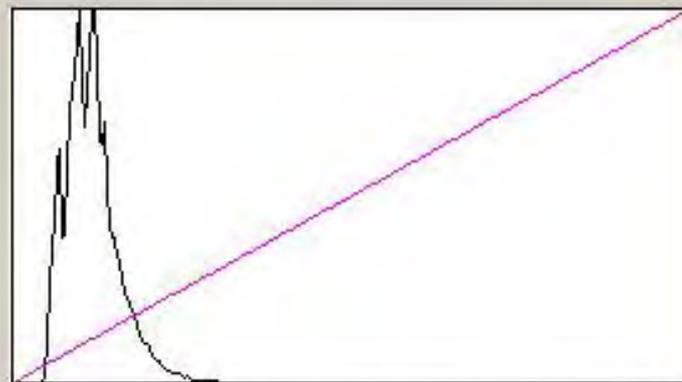
# Aumento linear de contraste (também conhecido como “*stretching*”)





### Contraste

Operação Canal Exibir Executar Ajuda



Nível de Entrada:

LUT/População

Entrada:   Nova:

Média

M:  G:  B:

Edição(saída)

Valores

Mín:  CR Máx:  CR

Fatias

CR

Salvar Imagem

Nome:   Banda



### Contraste

Operação Canal Exibir Executar Ajuda

Nível de Entrada:

LUT/População

Entrada:   Nova:

Média

M:  G:  B:

Edição(saída)

Valores

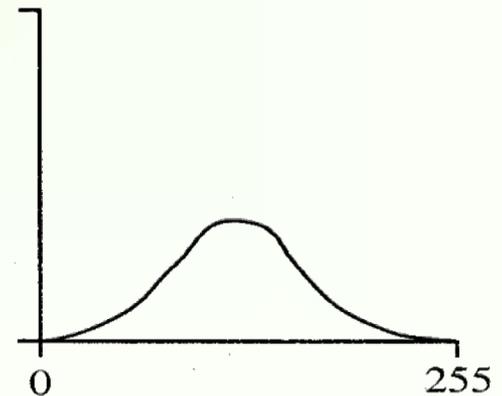
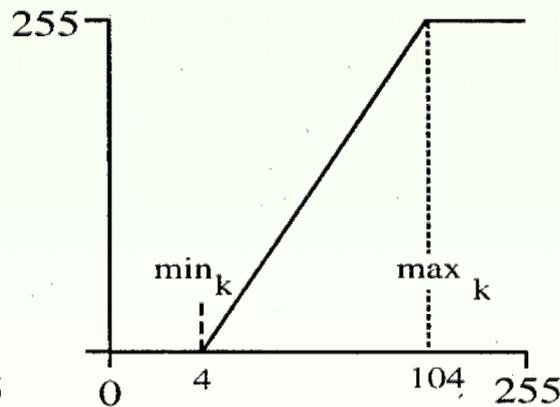
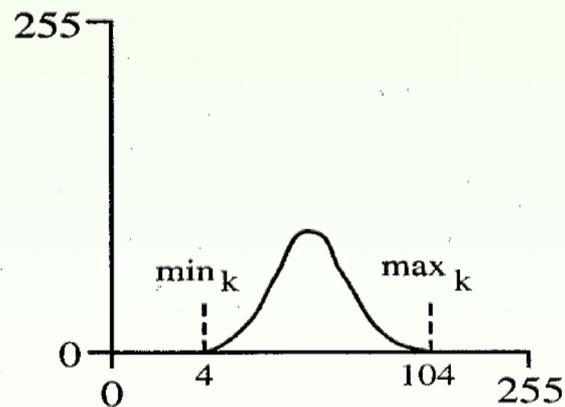
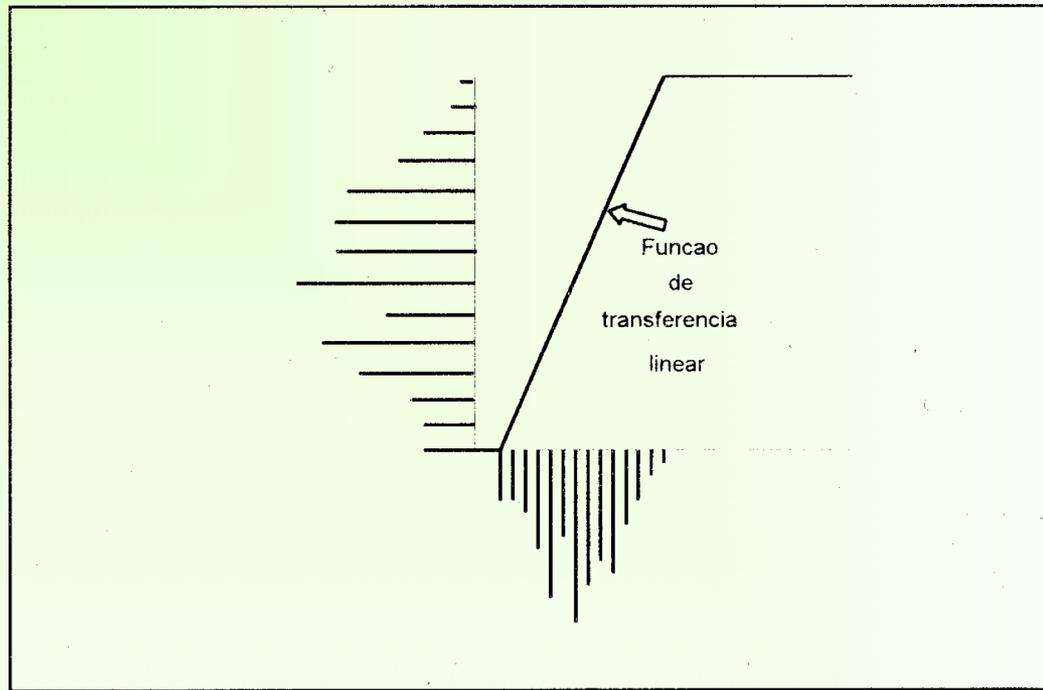
Mín:   Máx:

Fatias

Salvar Imagem

Nome:   Banda

# Função de transferência linear



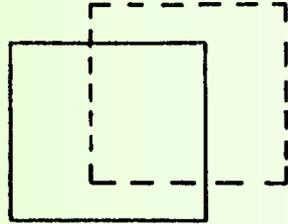
# Correção geométrica

O objetivo é gerar uma imagem que tenha a integridade geométrica de um mapa, sem as distorções causadas pelo processo de aquisição da imagem e devidas aos seguintes fatores:

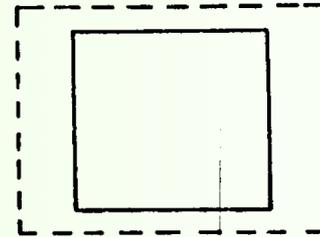
- ✓ Variações na altitude, atitude e velocidade do satélite
- ✓ Distorção panorâmica
- ✓ Curvatura da Terra
- ✓ Rotação da Terra (*skew*)
- ✓ Refração atmosférica
- ✓ Deslocamento de relevo
- ✓ Variações na velocidade de varredura do sensor

# Distorções

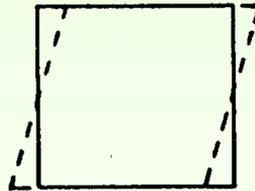
**Translação**



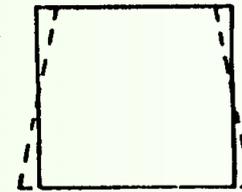
**Altitude**



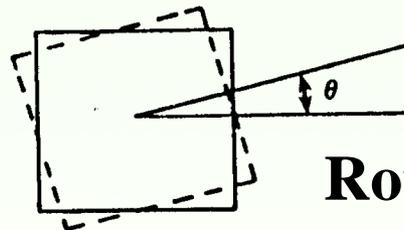
**Inclinação**



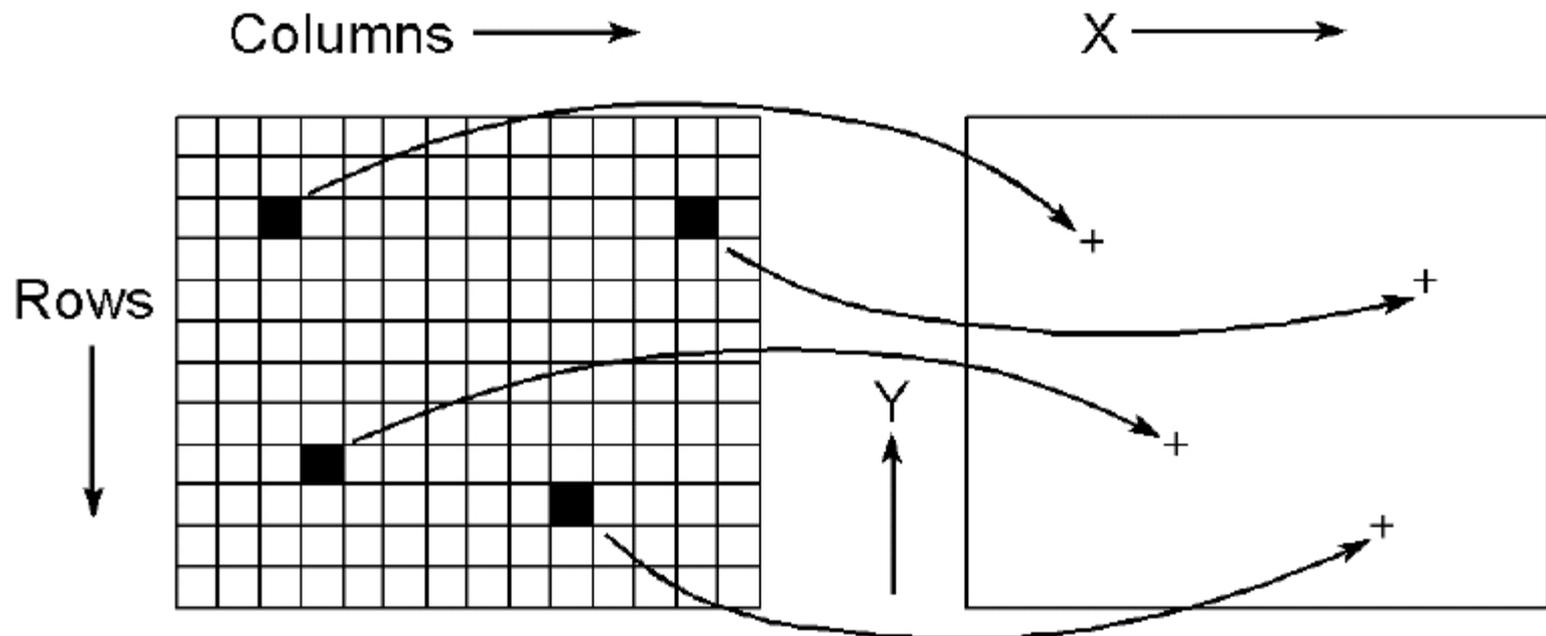
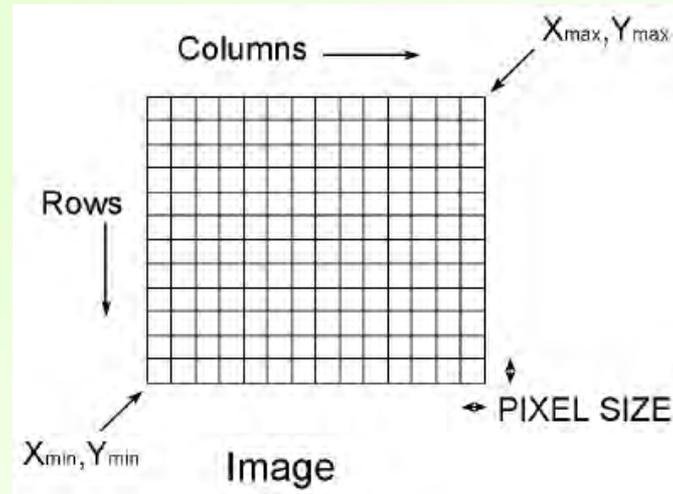
**Perspectiva**



**Rotação**



# Georeferenciamento

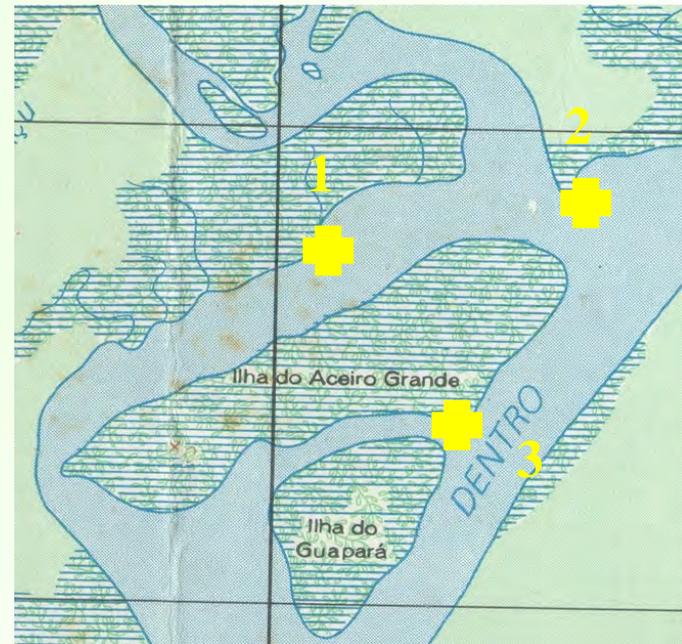
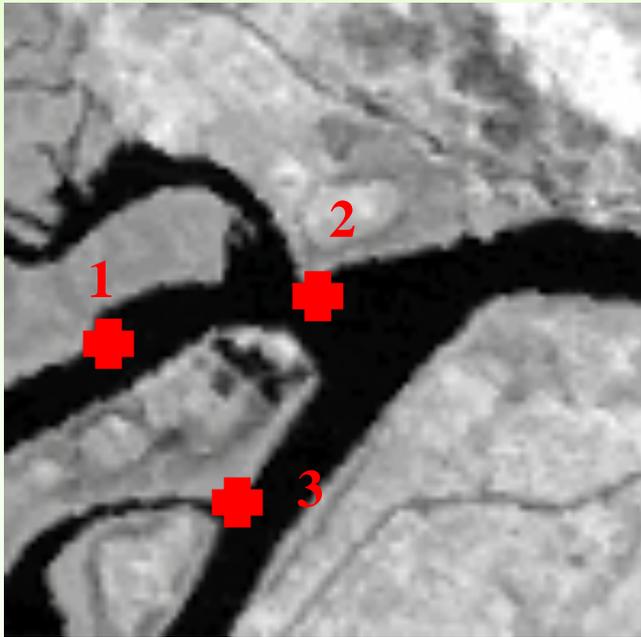


# Georeferenciamento

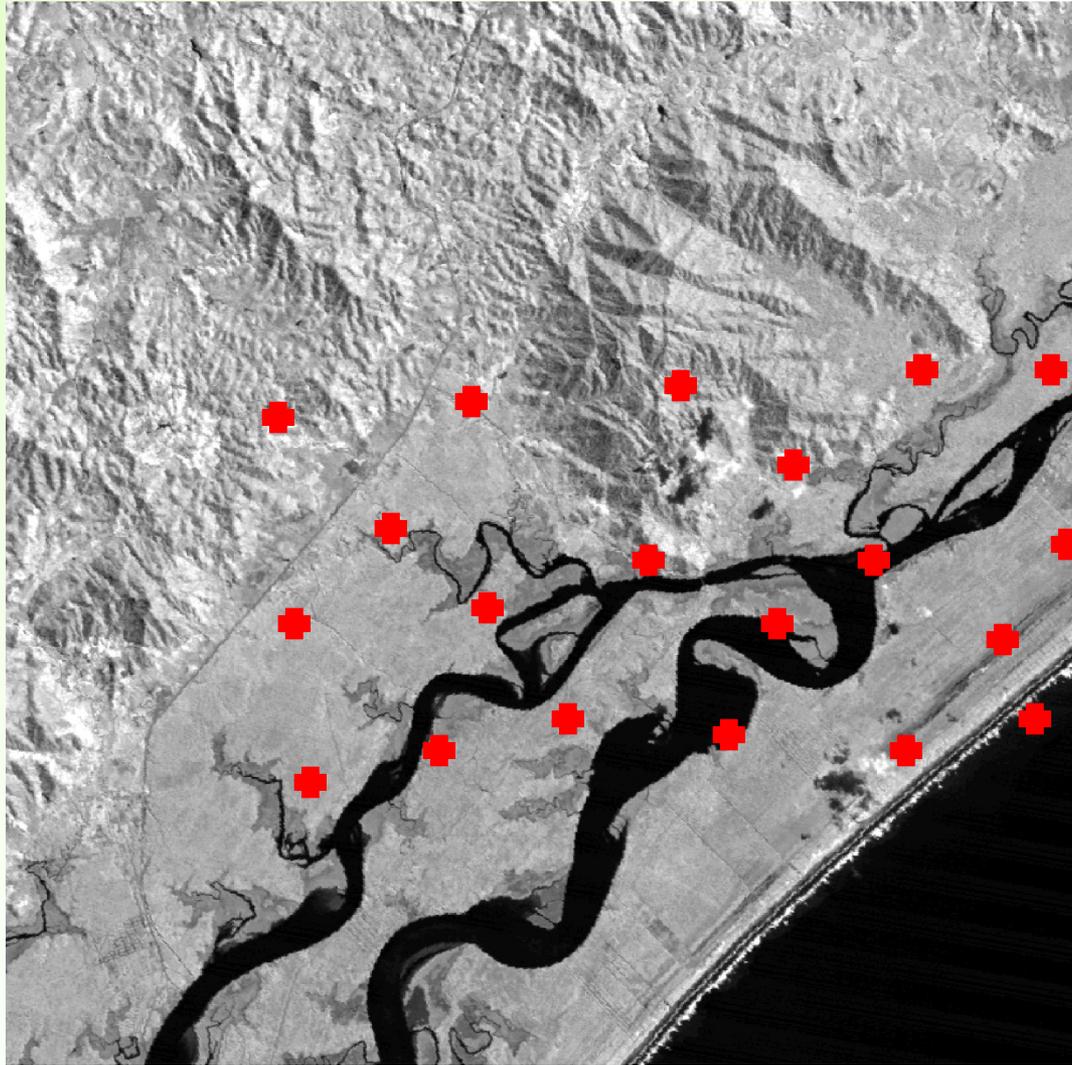


# Georeferenciamento

Seleção de pontos comuns

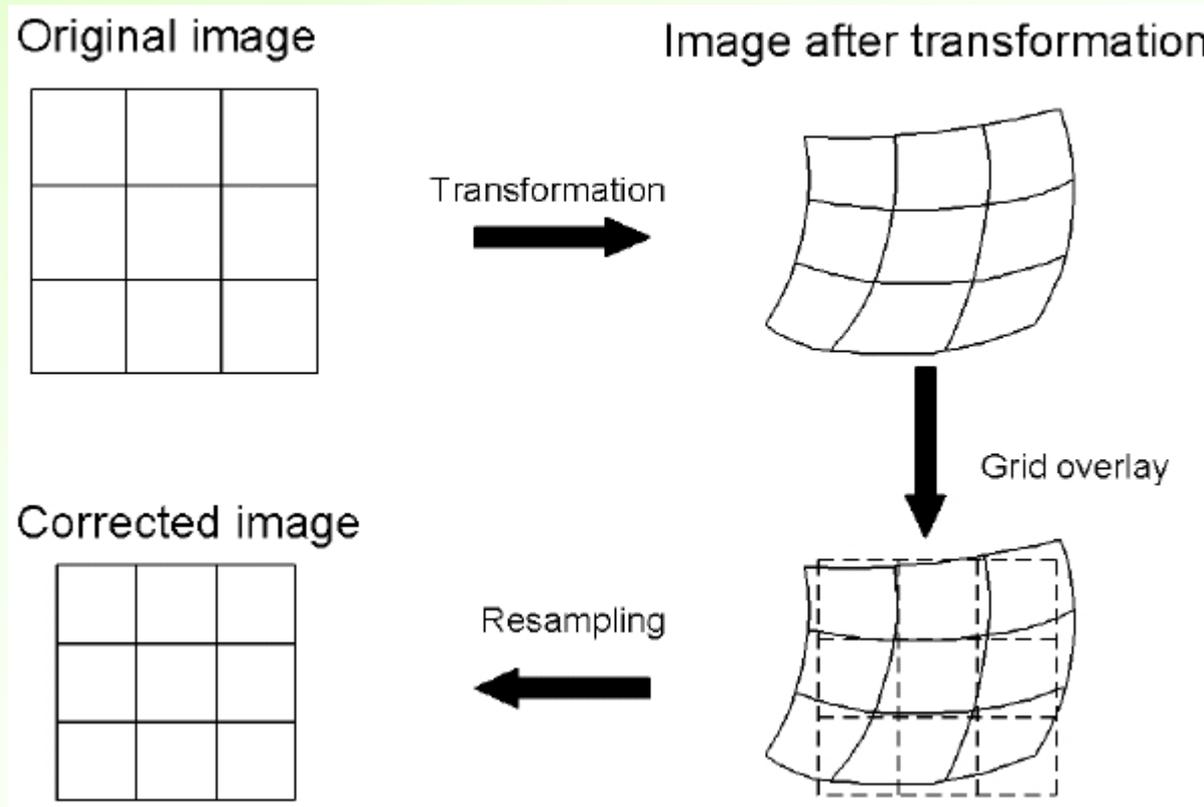


# Georeferenciamento

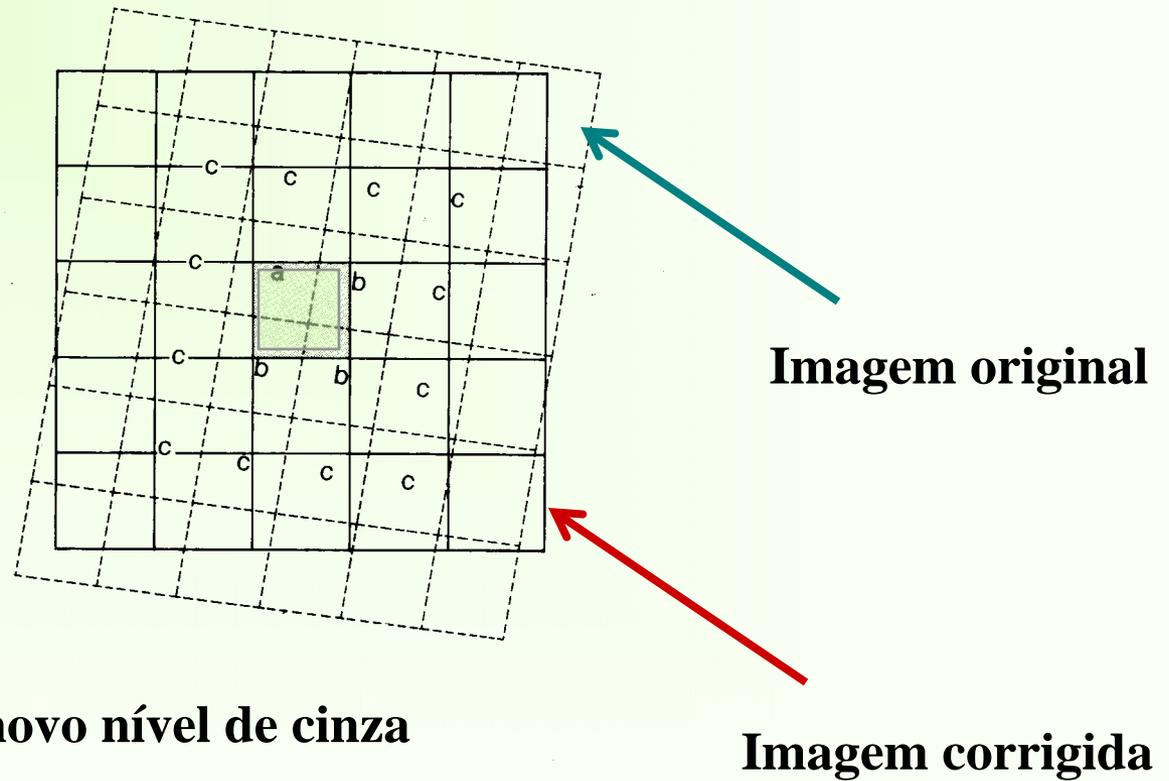


**Distribuição ideal dos pontos de controle.**

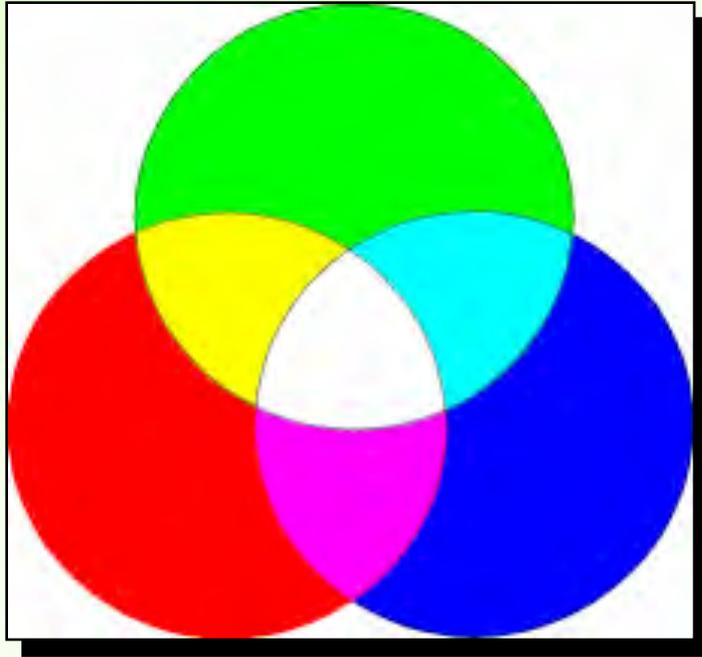
# Reamostragem



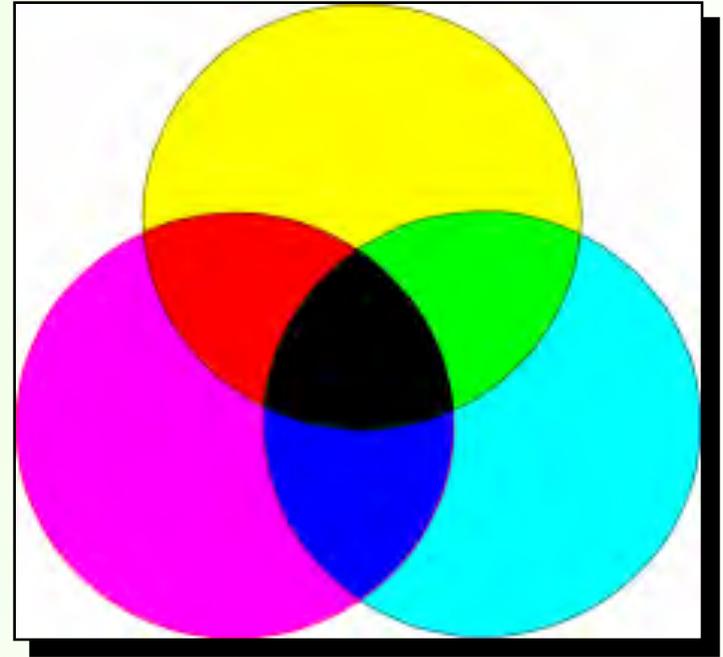
# Reamostragem



# Composições coloridas RGB

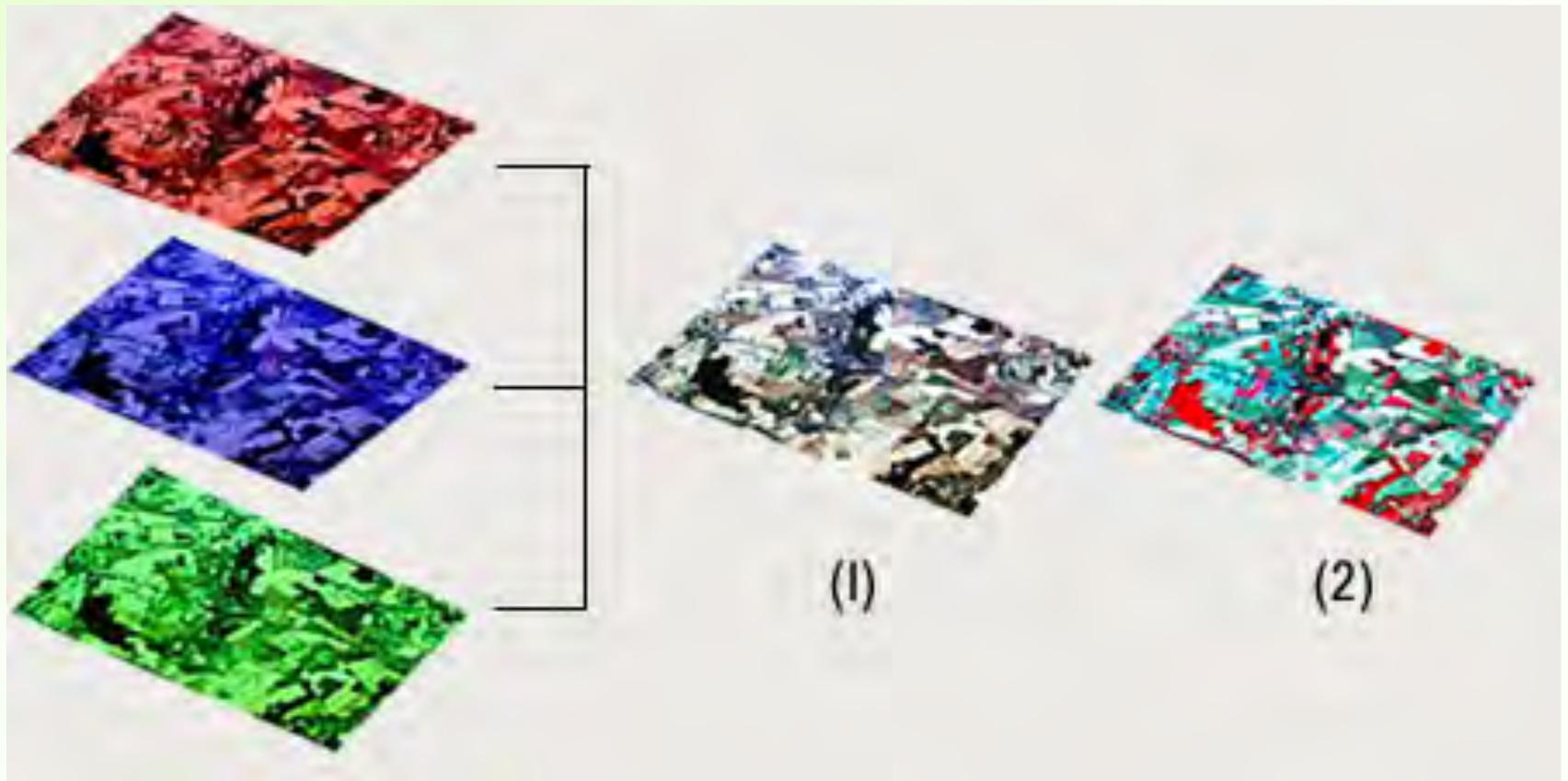


Aditivas



Subtrativas

# Composições coloridas RGB



# Composições coloridas RGB

Imagem Landsat 7 ETM+ da região de Santos - SP  
Composição colorida 5 (R), 4 (G), 3 (B) - órbita 219/77 data 07/08/01



Banda 3



Banda 4



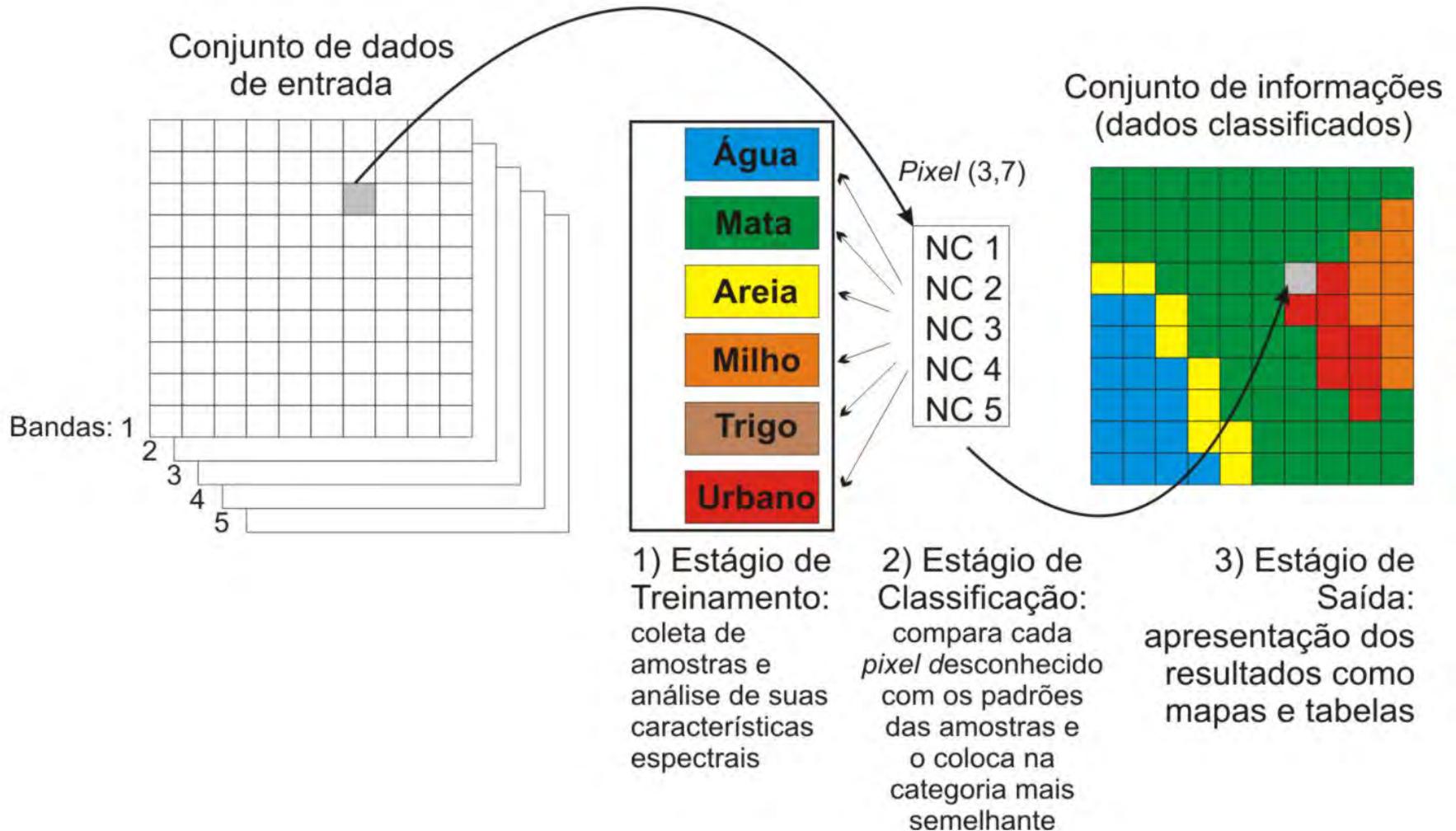
Banda 5

# Composições coloridas RGB

imagem CBERS 2 CCD da região de Manaus - AM  
composição colorida 4 (R), 3 (G), 2 (B) - órbita 173/103 data 17/08/04



# Classificação de padrões



# Seleção de amostras



## LEGENDA

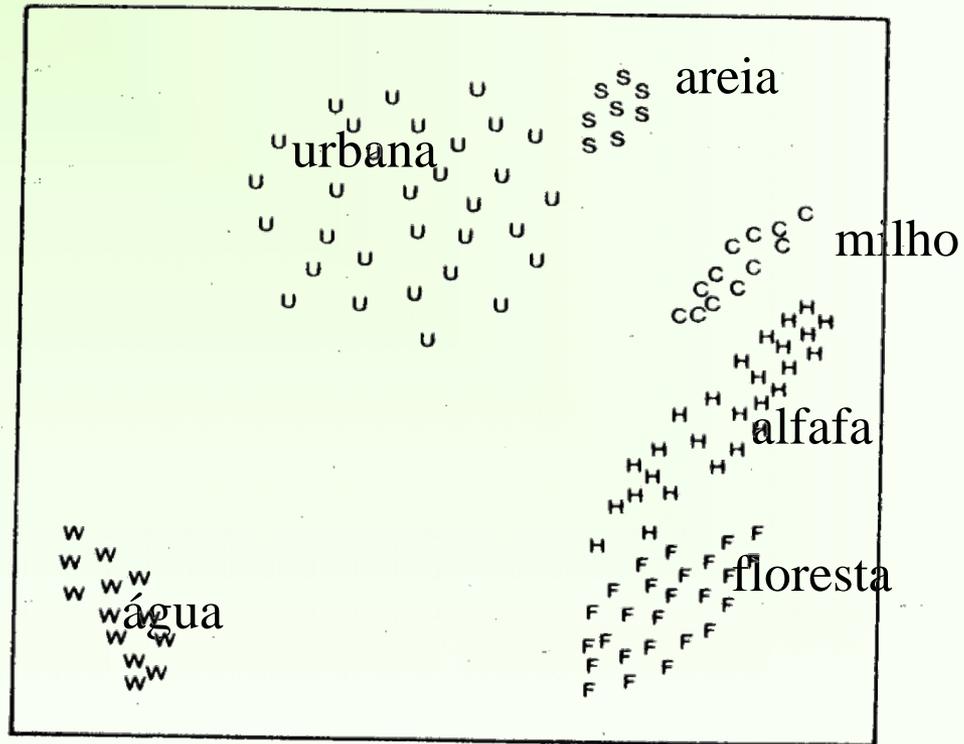
-  Urbano
-  Água
-  Reflorestamento
-  Agrícola

# Escolha de um classificador



# Espaço de atributos

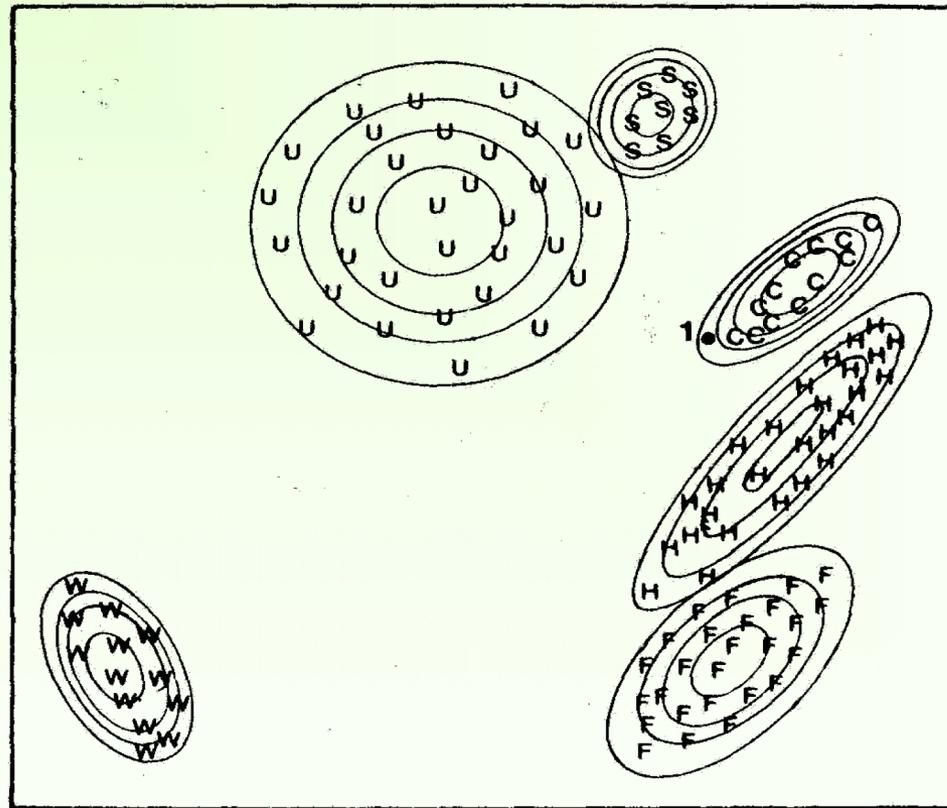
Banda 2



Banda 1

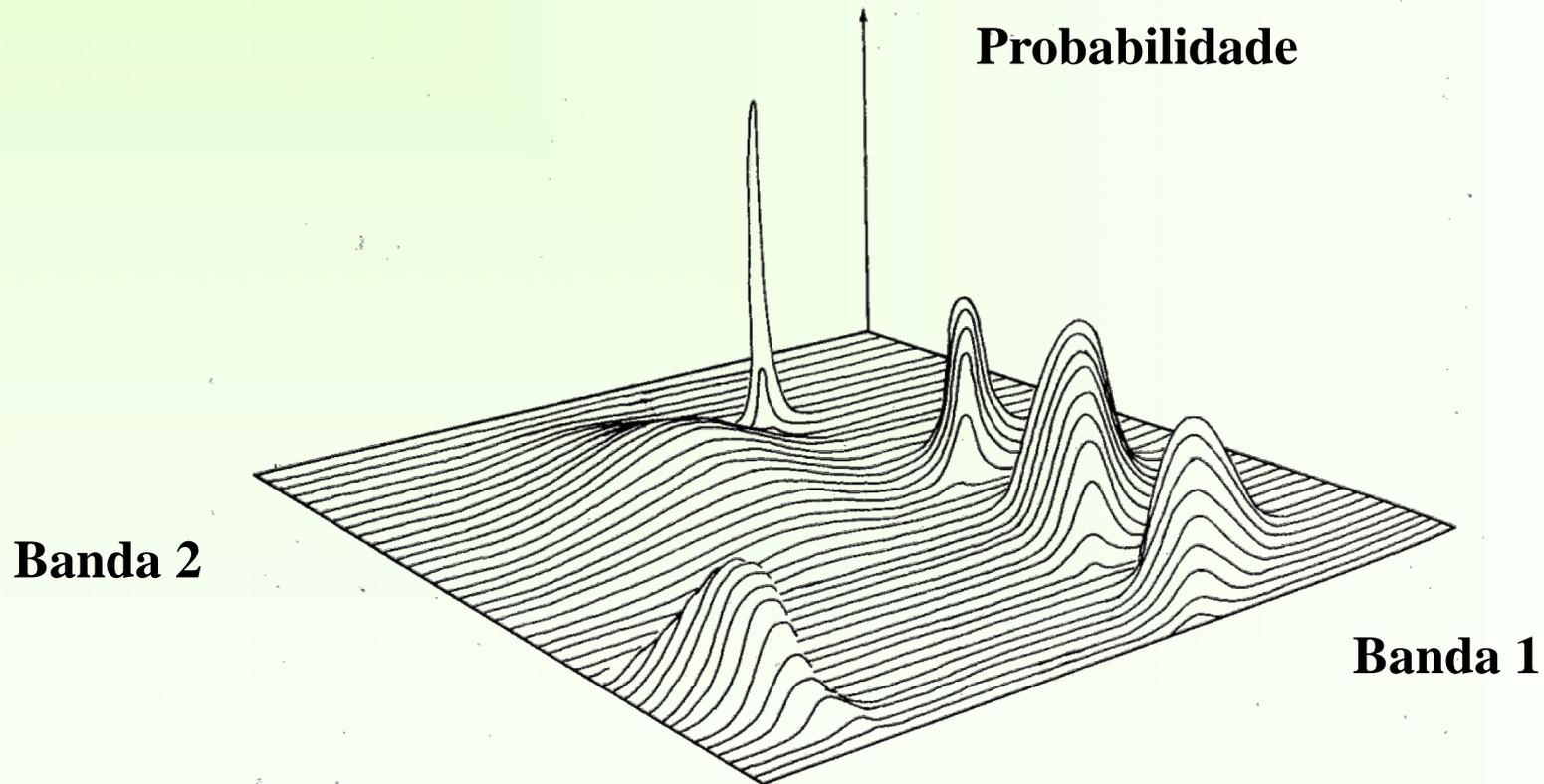
# Máxima Verossimilhança

Banda 2



Banda 1

# Função de Probabilidade



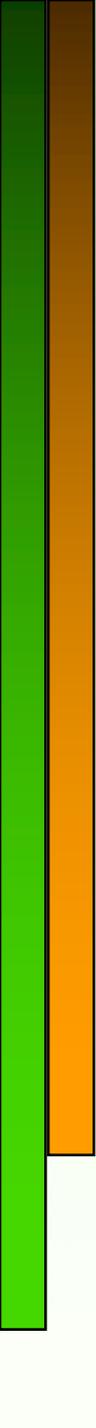
# Fichamento para entrega até o dia 21/09/2023

Os novos enfoques da Geografia com o apoio das Tecnologias da Informação Geográfica.

**Reinaldo Paul Pérez Machado**

**<https://www.researchgate.net/publication/266387529>**

O link para **baixar** o arquivo estará disponível no Moodle.  
Fazer a entrega no próprio Moodle conforme instruções.



Obrigado pela atenção!