

## **Definição de sensoriamento remoto**

Professor: *Enoque Pereira da Silva*

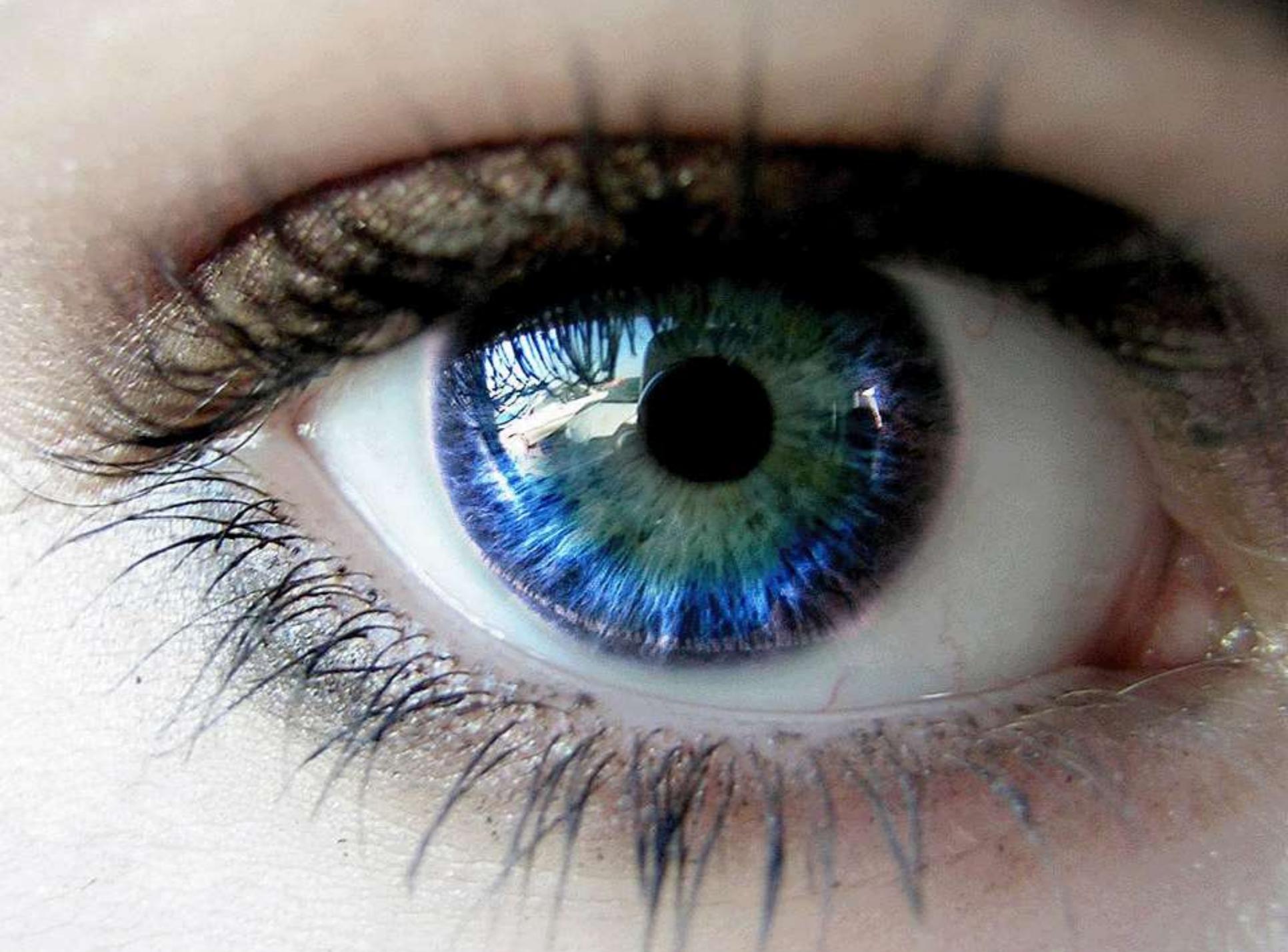
# Definição de sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto é um termo utilizado na área das ciências aplicadas que se refere à obtenção de dados de alvos à distância.

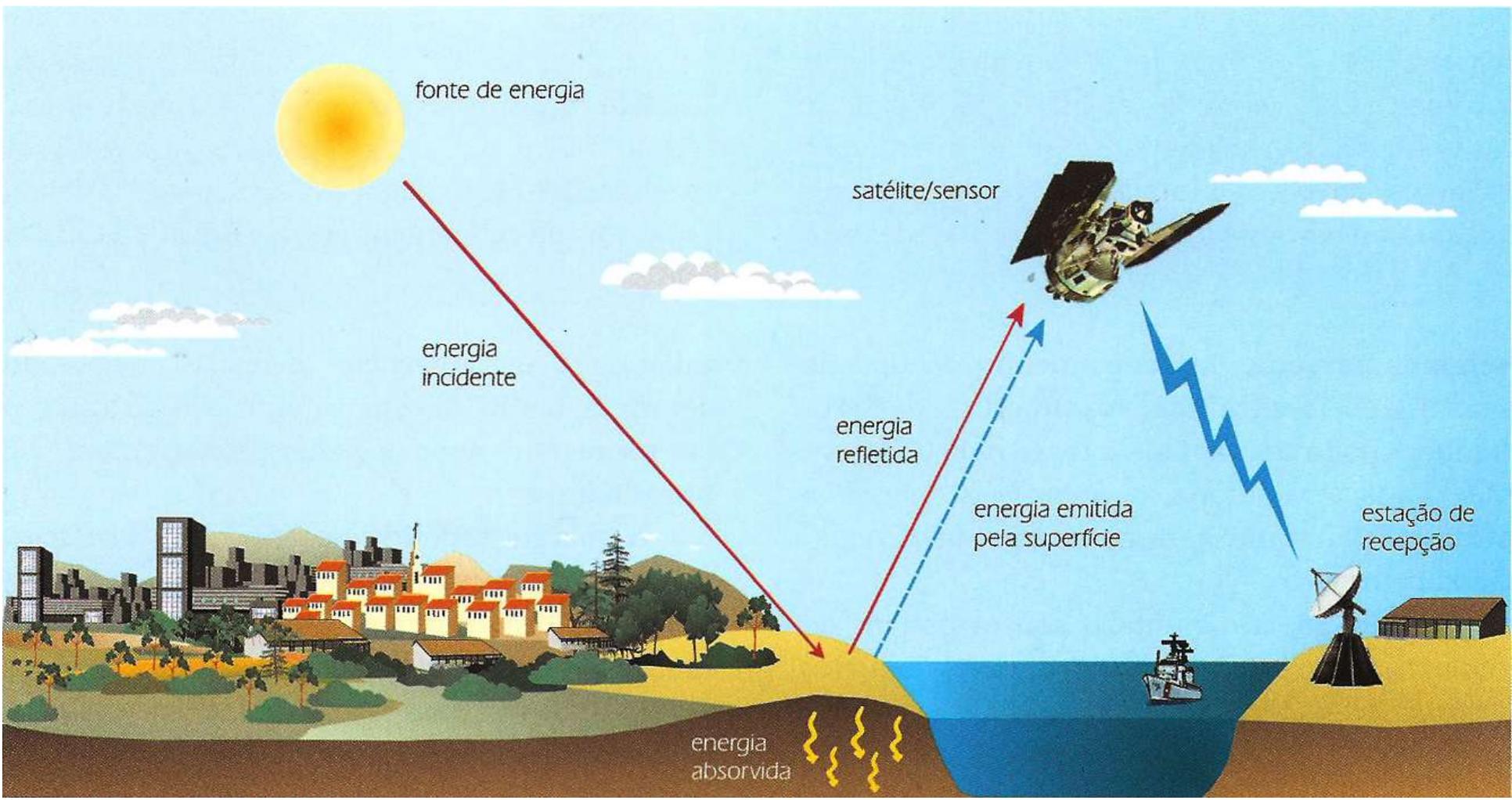
# Definição de sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros dados da superfície terrestre por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

Sensoriamento: receber dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas e orbitais.



# Obtenção de imagens por sensoriamento remoto



# História do sensoriamento remoto

- Origem na fotografia aérea – de 1860 – 1960
- 1960 aos dias de hoje também com imagens de satélite

## **Uso militar**

- 1862 – Guerra civil americana – uso de balões
- 1909 – Fotos tiradas de aviões
- 1914 – I Guerra mundial – desenvolvido filme infravermelho para detectar camuflagens

# 1ª Guerra Mundial



# História do sensoriamento remoto

## 1919-1939 Entre guerras

- Desenvolvimento da fotogrametria
- Aperfeiçoamento de máquinas fotográficas acopladas a aviões

## 1939-1945 – II Guerra mundial

- Desenvolvido filme infravermelho como “filme de detecção de camuflagem”
- Novos sensores como o radar
- Avanços nos sistemas de comunicação

# História do sensoriamento remoto

## Guerra Fria (EUA x União Soviética)

- Desenvolvidos sensores de alta resolução para espionagem
- Com o fim da Guerra Fria dados considerados segredo militar foram liberados para uso civil

1956 – Robert Cowel utiliza filme infravermelho para estudar plantações de grãos e suas doenças

## Década de 1960 – Corrida espacial

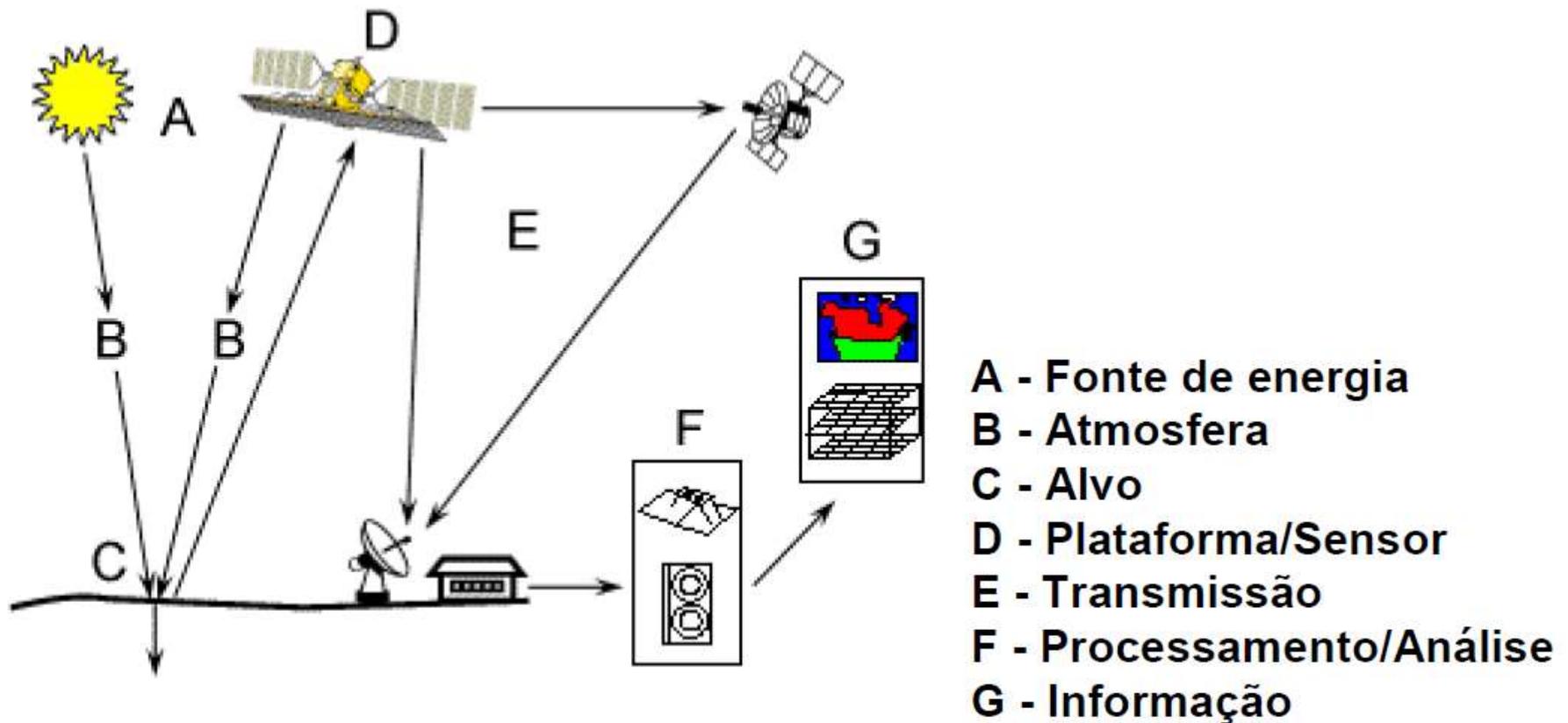
- Primeiras imagens via satélite
- Demonstrado o potencial e vantagens da aquisição de imagens orbitais
- Construção de satélites de coletas de dados

# História do sensoriamento remoto

1972 – Lançado o primeiro satélite de recursos terrestres o ERTS-1 ou Landsat-1

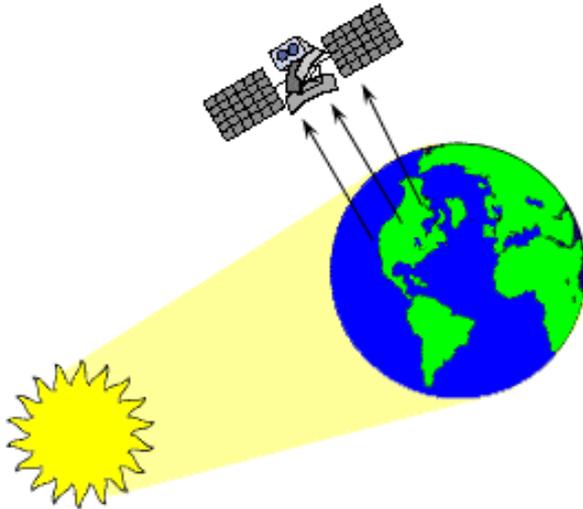
1973 – Brasil começa a receber imagens de satélite

# Obtenção de imagens por sensoriamento remoto

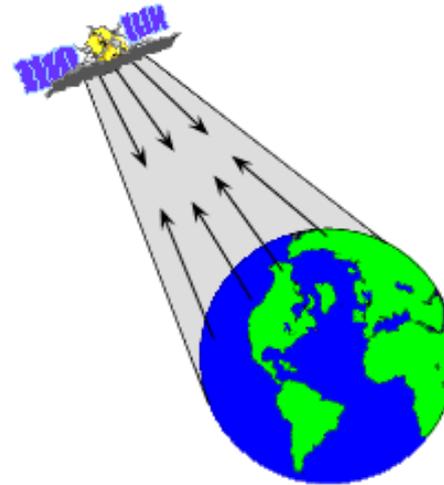


- A - Fonte de energia
- B - Atmosfera
- C - Alvo
- D - Plataforma/Sensor
- E - Transmissão
- F - Processamento/Análise
- G - Informação

## sensor passivo

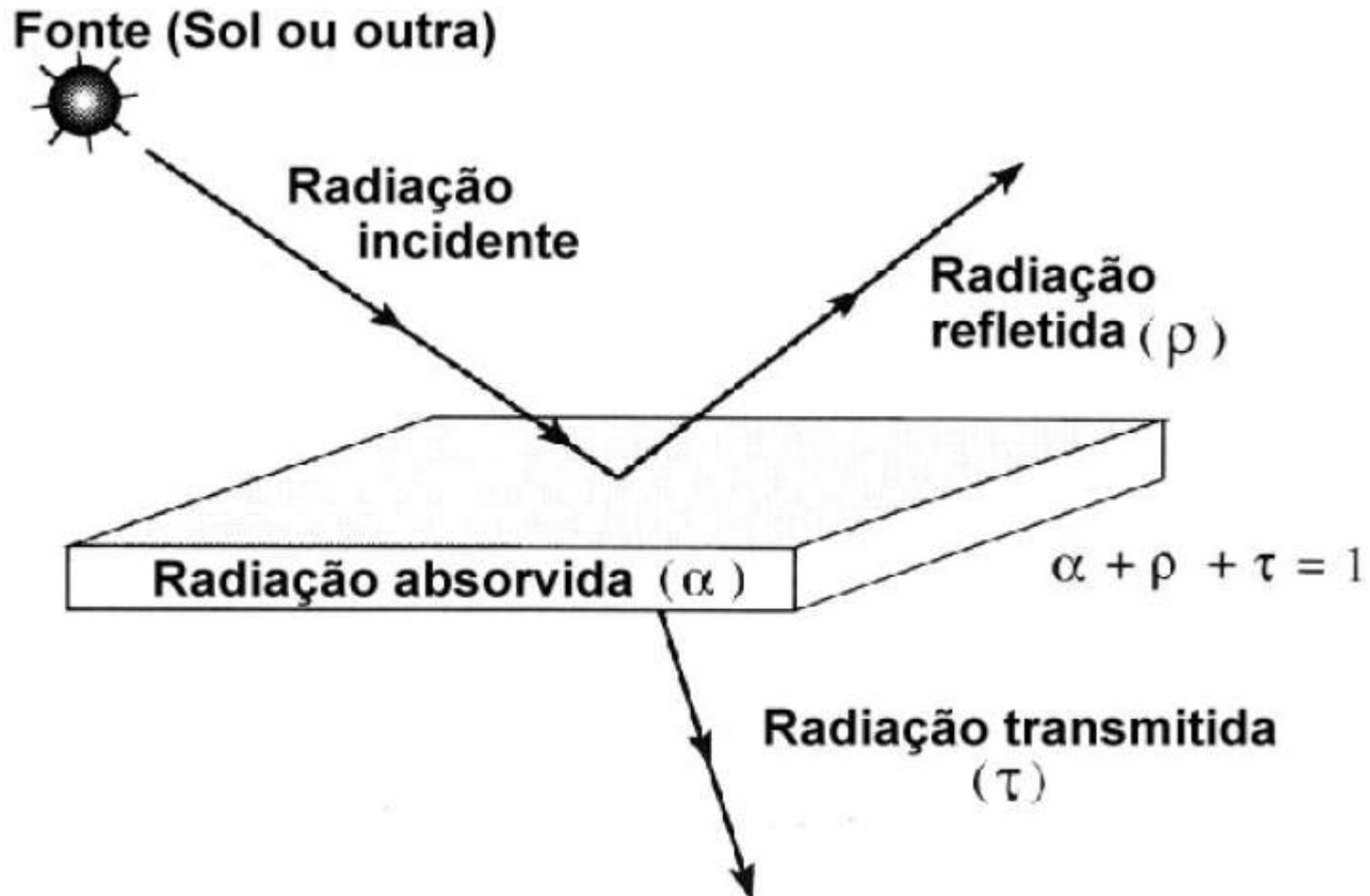


## sensor ativo



- Sensor Passivo - capta a energia refletida ou emitida de um alvo que foi iluminado por uma fonte de radiação externa, geralmente o sol.
- Sensor Ativo - Laser e Radar

# O espectro eletromagnético



# Princípios físicos do sensoriamento remoto: o espectro eletromagnético

- Radiação eletromagnética:
  - Se propaga na forma de ondas eletromagnéticas com a **velocidade** da luz (300.000 km/s).
  - Medida em **frequência** em hertz (Hz) e seus múltiplos
    - 1 KHz =  $10^3$ Hz = 1 quilohertz
    - 1 MHz =  $10^6$ Hz = 1 megahertz
    - 1 GHz =  $10^9$ Hz = 1 gigahertz

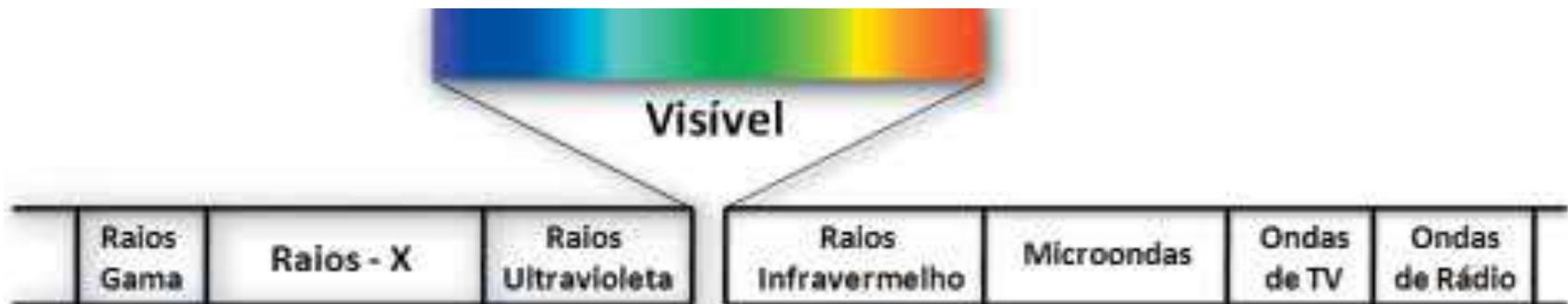
# Princípios físicos do sensoriamento remoto: o espectro eletromagnético

- Radiação eletromagnética:
  - **Comprimento de onda ( $\lambda$ )** em unidades de metro e seus submúltiplos como micrometro ( $1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ )
  - A frequência de onda é o número de vezes que um ciclo se repete por unidade de tempo.
  - O comprimento de onda é a distância entre dois picos de ondas sucessivas

# O espectro eletromagnético

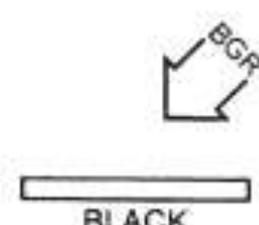
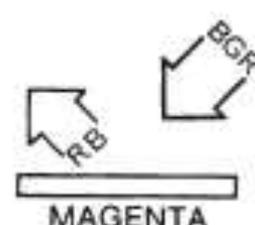
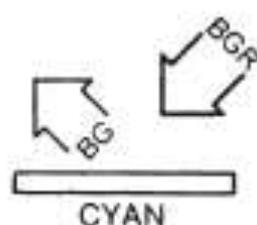
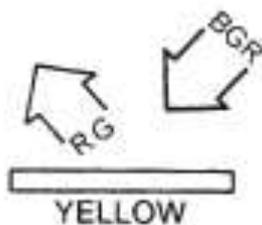
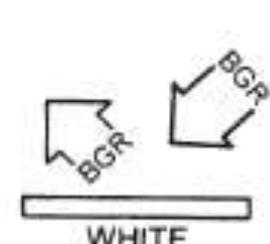
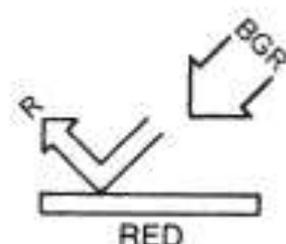
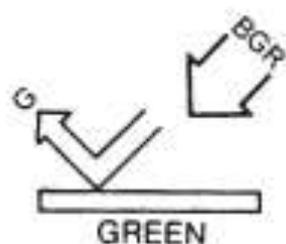
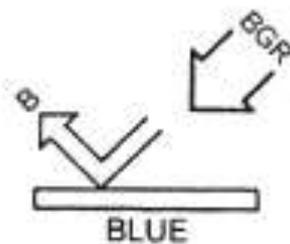
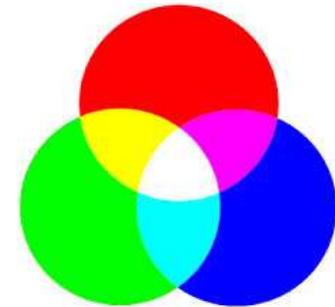
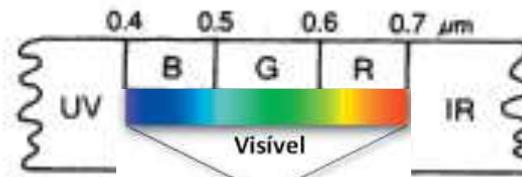
O espectro eletromagnético é dividido em diversas bandas ou regiões, como por exemplo a região do visível que sensibiliza os nossos olhos.

Esta região do espectro por sua vez pode ser dividida em outras faixas que representam as diferentes cores (azul, verde e vermelho).

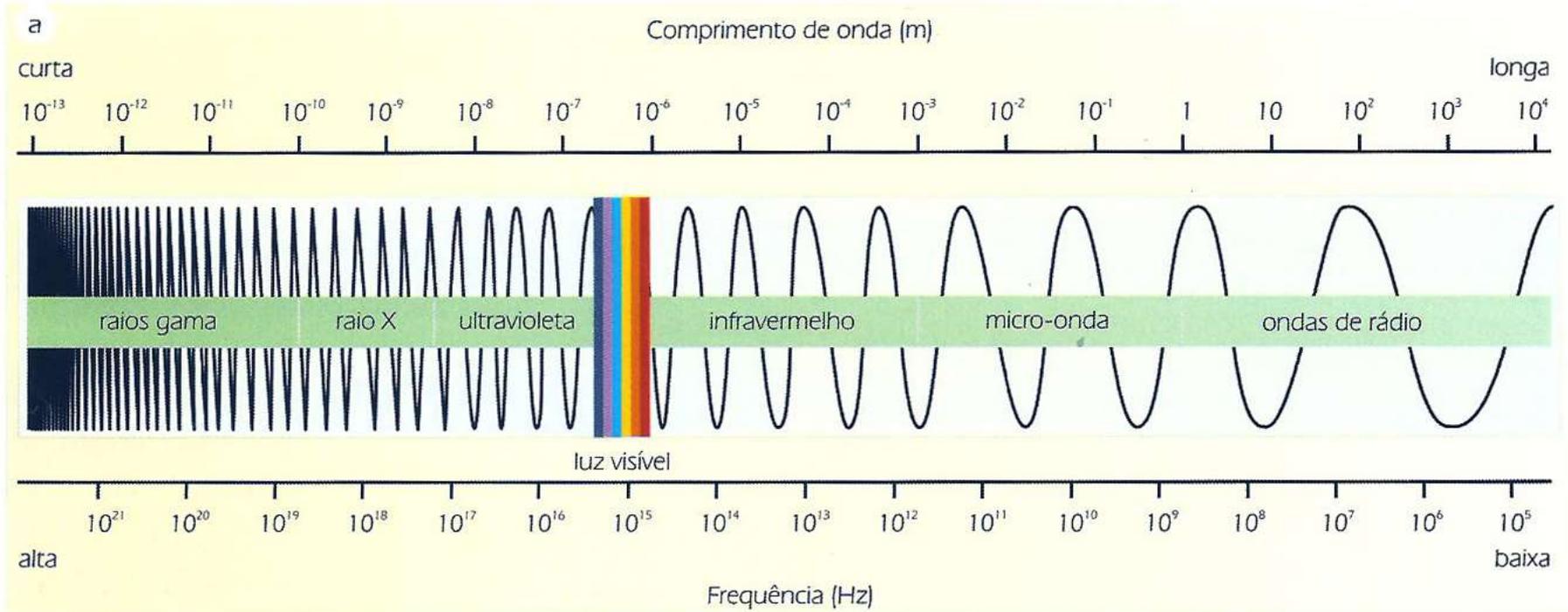


# Coors do espectro visível:

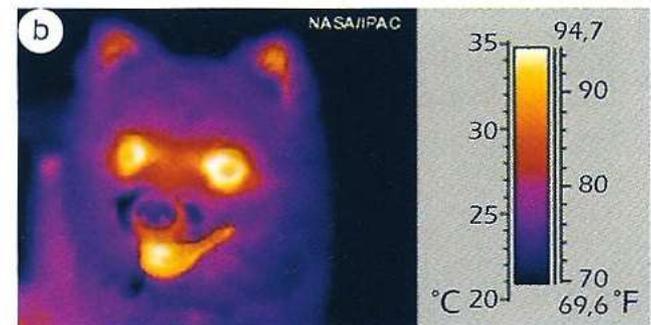
- As cores de um objeto são definidas pela cor da luz que este reflete



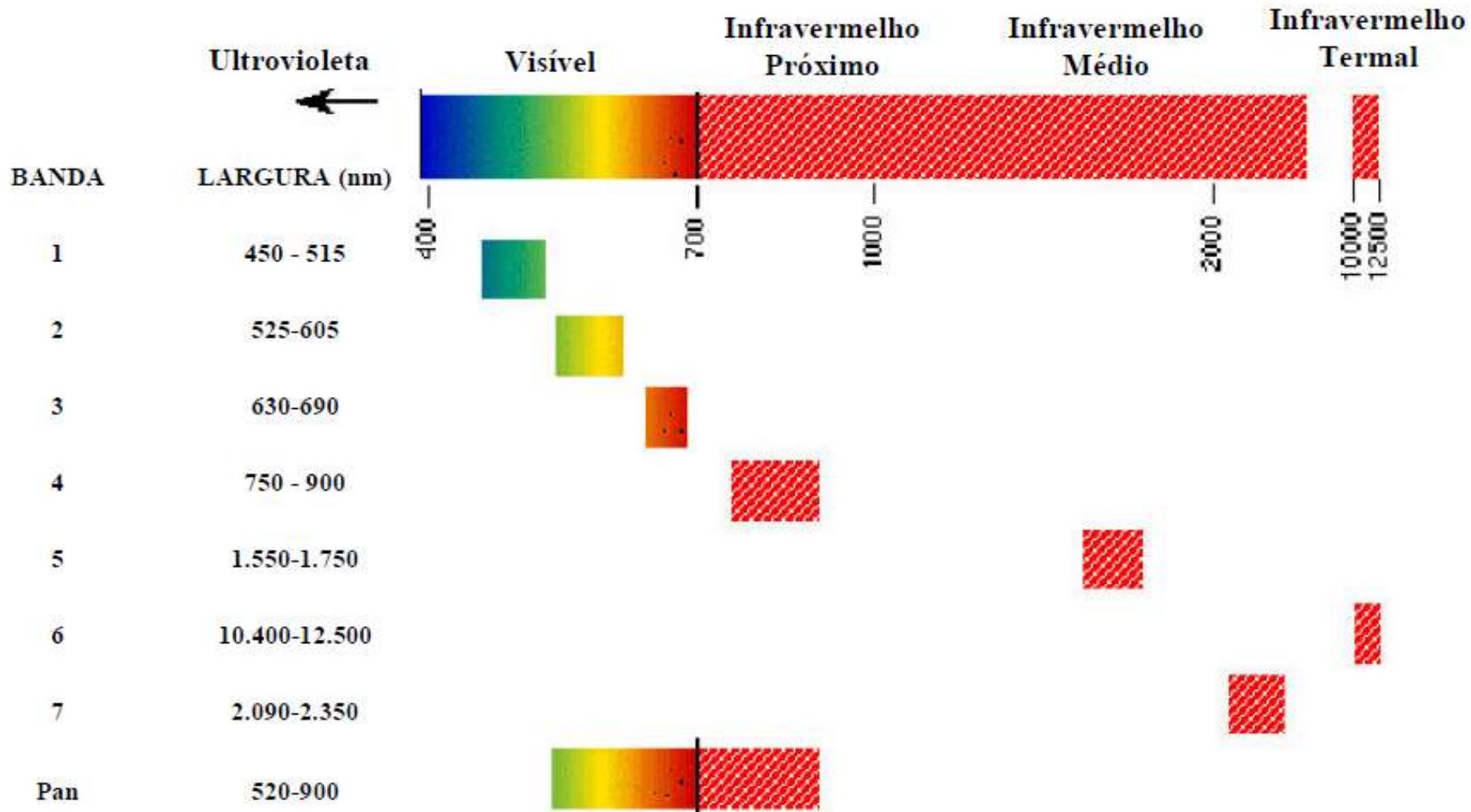
# Princípios físicos do sensoriamento remoto: o espectro eletromagnético



**Fig. 1.2** O espectro eletromagnético (a). Imagem termal de um animal (b). Qualquer objeto com temperatura acima do zero absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) irradia energia na região termal do espectro eletromagnético. As variações de cores representam variações de temperatura do animal, conforme legenda da figura

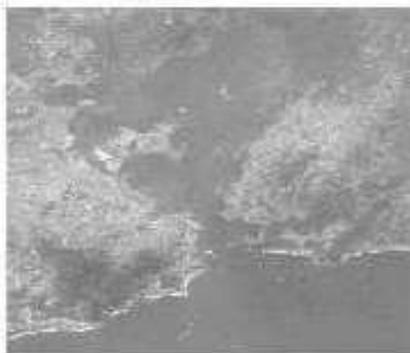


# Bandas Espectrais do Sensor ETM+ do Landsat-7



# Resolução espectral - Landsat-7

TM1



TM2



TM3



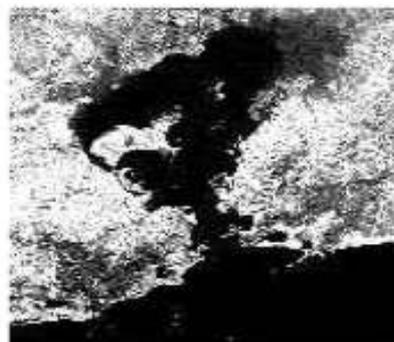
TM4



TM5



TM6



TM7

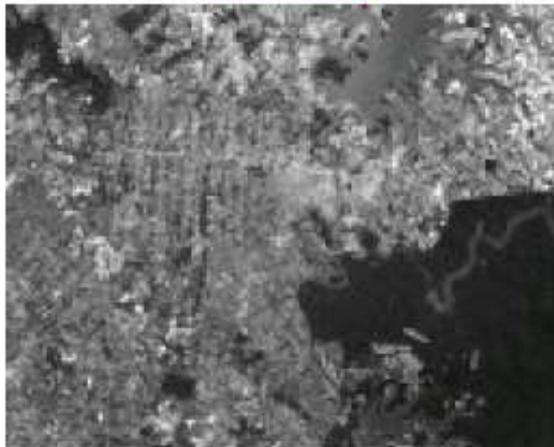
TM1



TM2



TM3



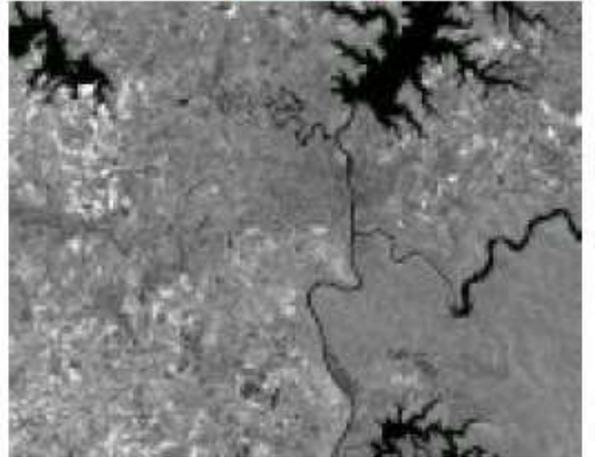
TM2



TM3



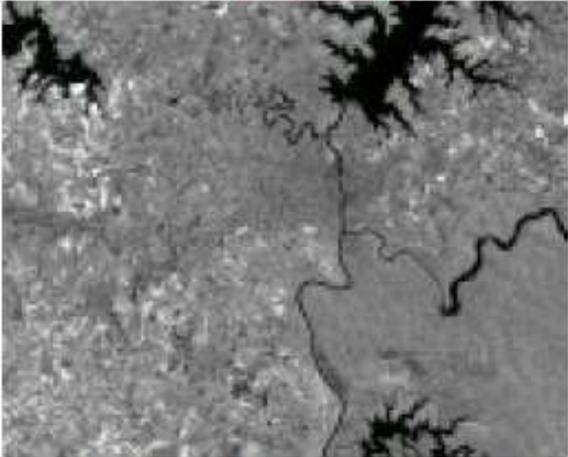
TM4



TM3



TM4



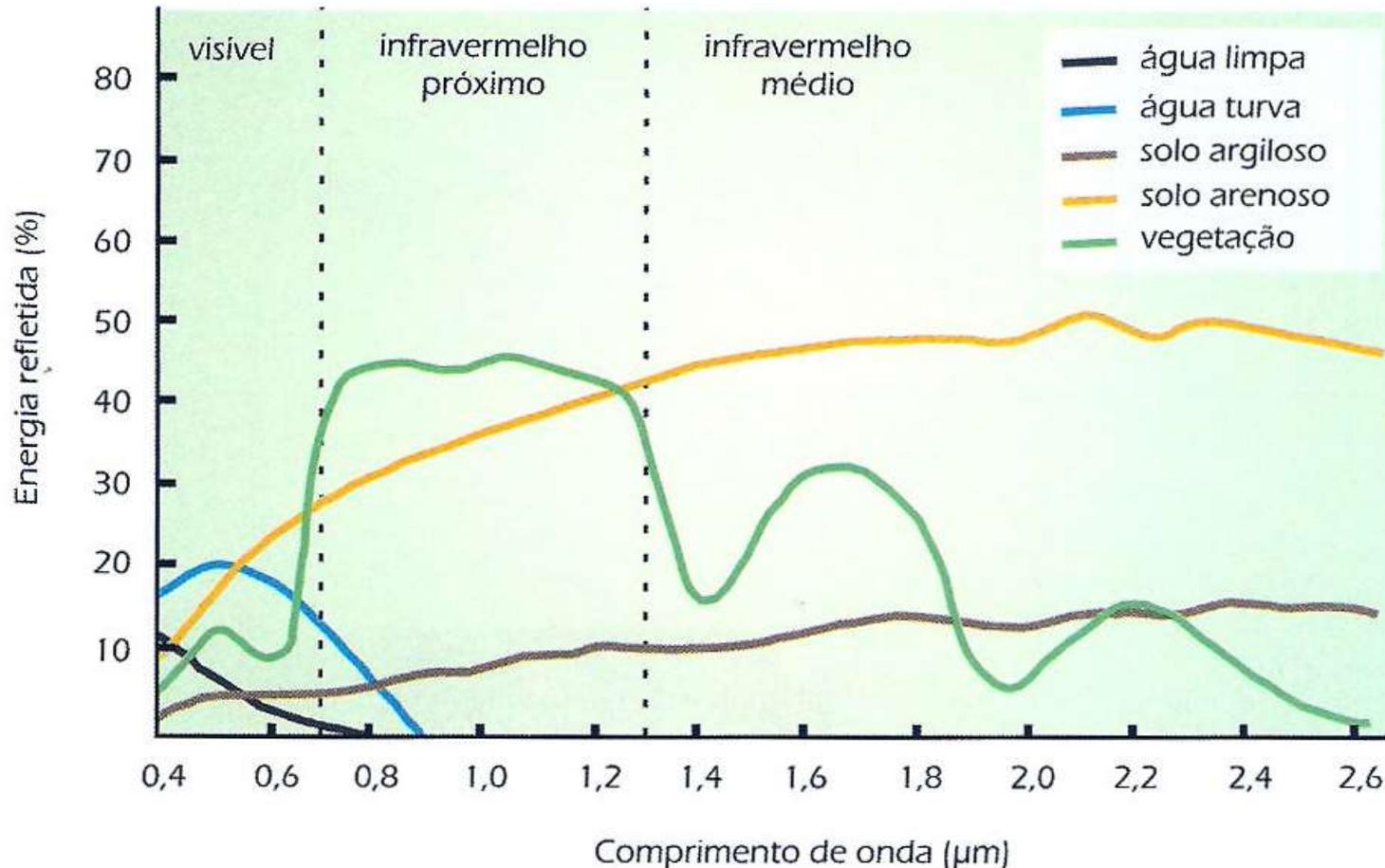
TM5



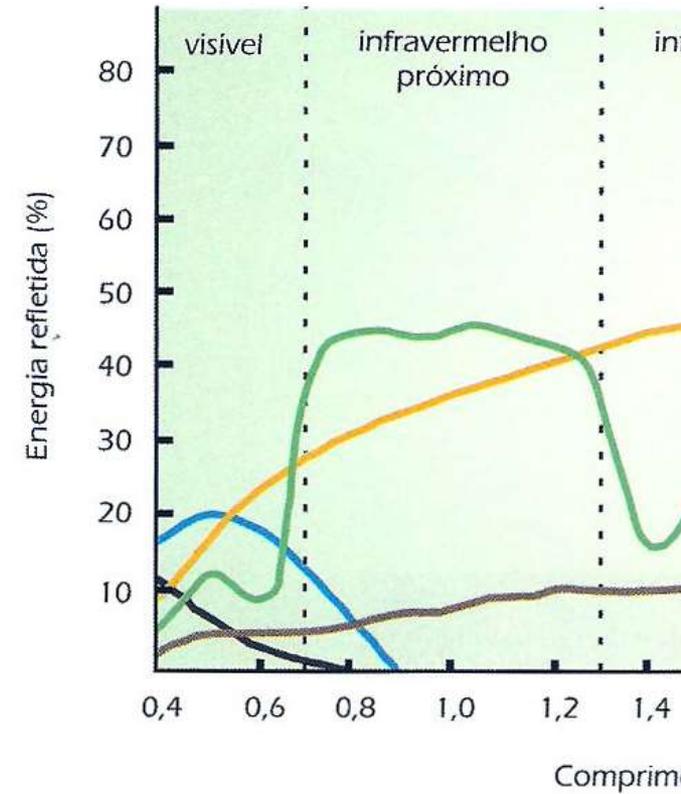
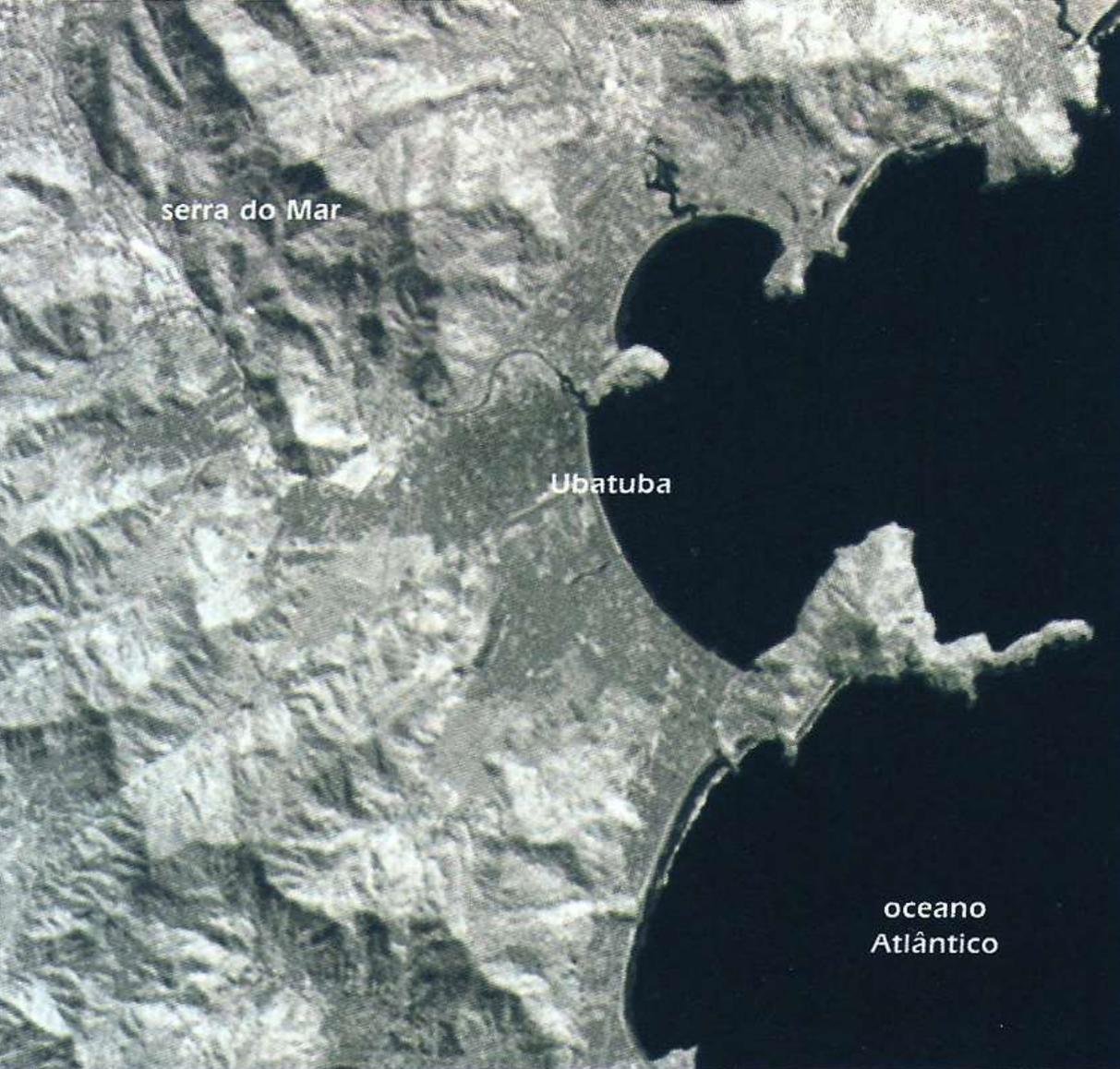
# Interação da energia com a superfície terrestre

- Objetos da superfície terrestre como:
  - Vegetação
  - Água
  - Solo
- Refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética

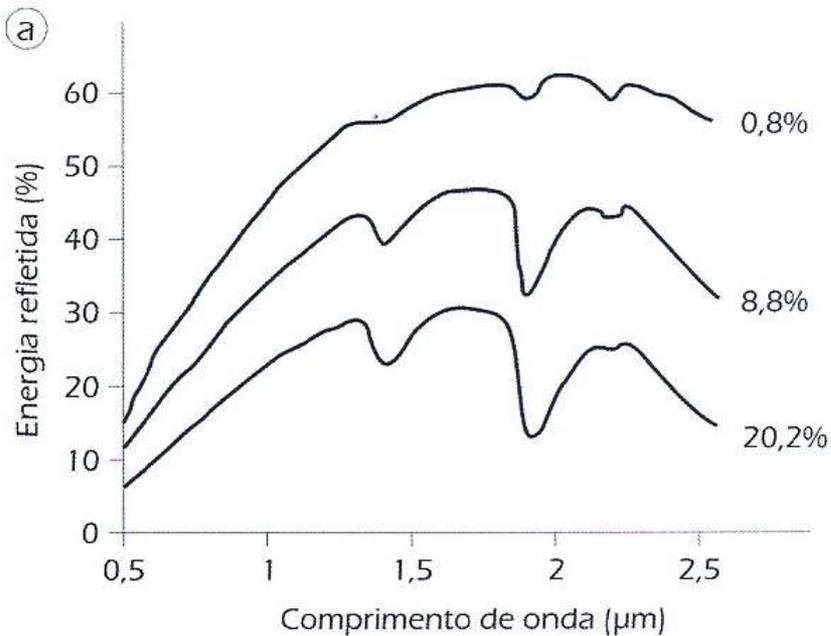
# Curva espectral da vegetação, da água e do solo



**Fig. 1.3** Curva espectral da vegetação, da água e do solo



**Fig. 1.4** Imagem de Ubatuba obtida na faixa do infravermelho próximo, no canal 4 do sensor ETM<sup>+</sup> (satélite Landsat-7), 11/8/1999



**Fig.1.5** Curvas espectrais de um solo com diferentes conteúdos de umidade, em porcentagem (a). Nesta figura é possível verificar que a energia refletida diminui com o aumento do conteúdo de umidade. Imagens (TM-Landsat) da região do delta do rio Parnaíba, obtidas em 14 de junho de 1990, na época de vazante (b), e 31 de maio de 1985, na época de cheia (c). Comparando as duas imagens, é possível observar que em (b) o solo está representado com um nível de cinza mais claro, pois reflete mais energia, enquanto em (c) o solo úmido, que foi inundado pela cheia do rio, reflete menos energia e por isso é representado em tons mais escuros de cinza



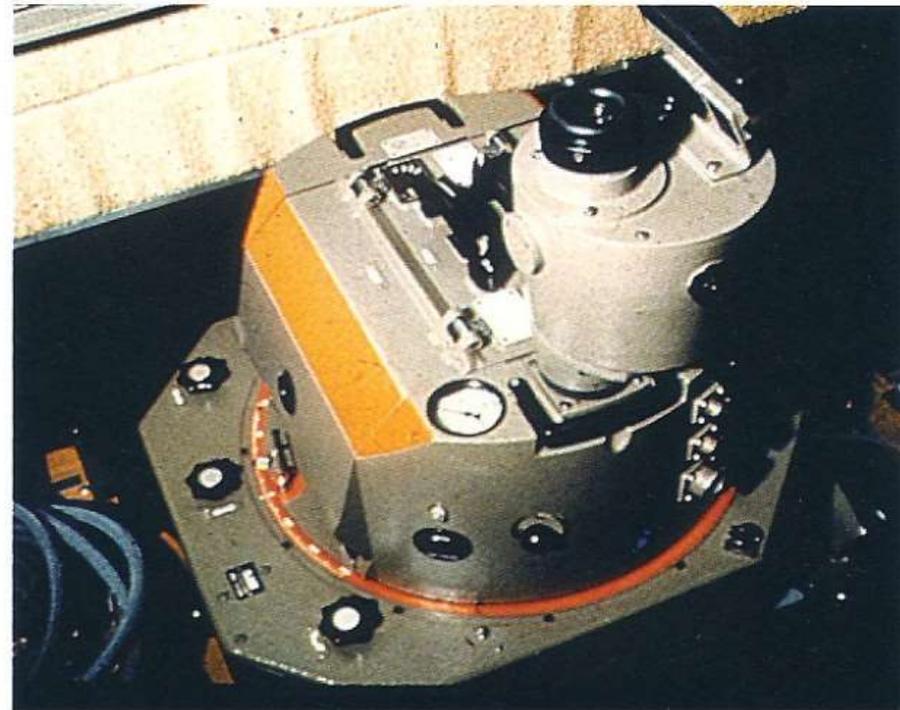
# Sensores remotos

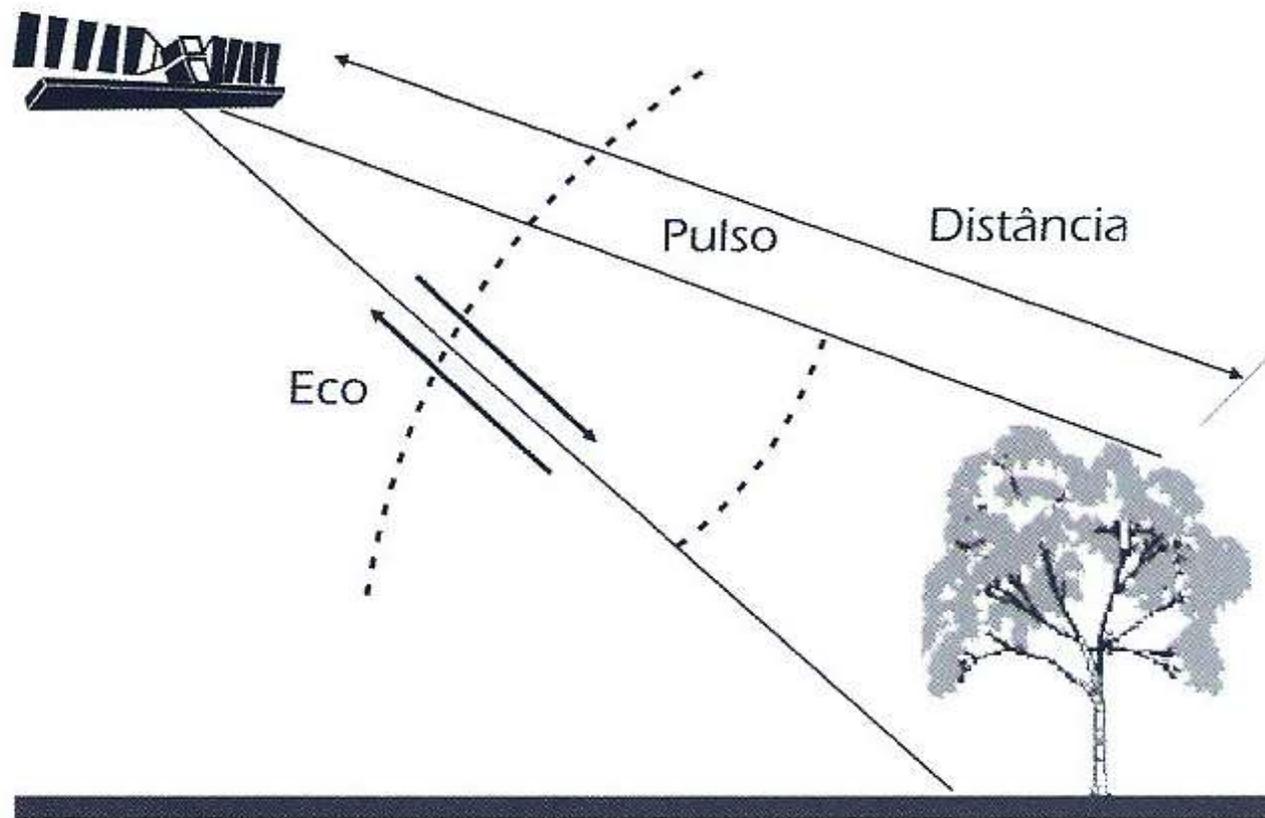
- São equipamentos que captam e registram a energia refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre.
- Sensores captam dados de diferentes regiões do espectro eletromagnético.

Ex: os olhos somente captam a luz visível



**Fig. 1.7** Aeronave EMB-110 Bandeirante (do Inpe) e seus principais sensores remotos. No detalhe está a câmara fotográfica instalada na parte inferior do avião, que voa em faixas, de um lado ao outro da área a ser fotografada, em intervalos regulares, e dispara a câmara fotográfica automaticamente. Fotos: Carlos Alberto Steffen.





**Fig. 1.6** Sistema Radar

Fonte: adaptado de Rony, 1998.

# Sensores do tipo radar

- Por produzirem uma fonte de energia própria na região de micro-ondas, podem obter imagens tanto durante o dia como durante a noite, incluindo tempo nublado e com chuva.

Esta é a principal vantagem dos chamados sensores ativos em relação aos passivos.

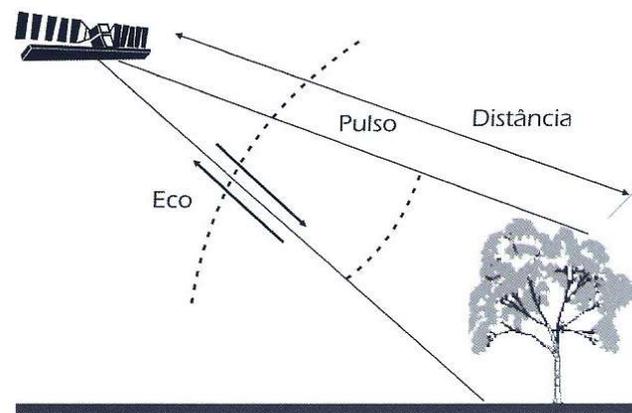


Fig. 1.6 Sistema Radar  
Fonte: adaptado de Rony, 1998.

# Sensores do tipo radar

- RADAR – Radio Detection and Raging:  
Detecção de alvos e avaliação de distâncias por ondas de rádio.  
Operam na região das micro-ondas

Entre as bandas K-alfa  
(10cm ou 40GHz) e  
P (1m ou 300MHz)

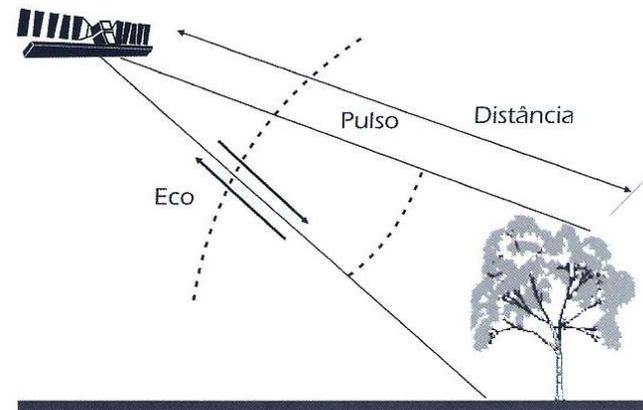
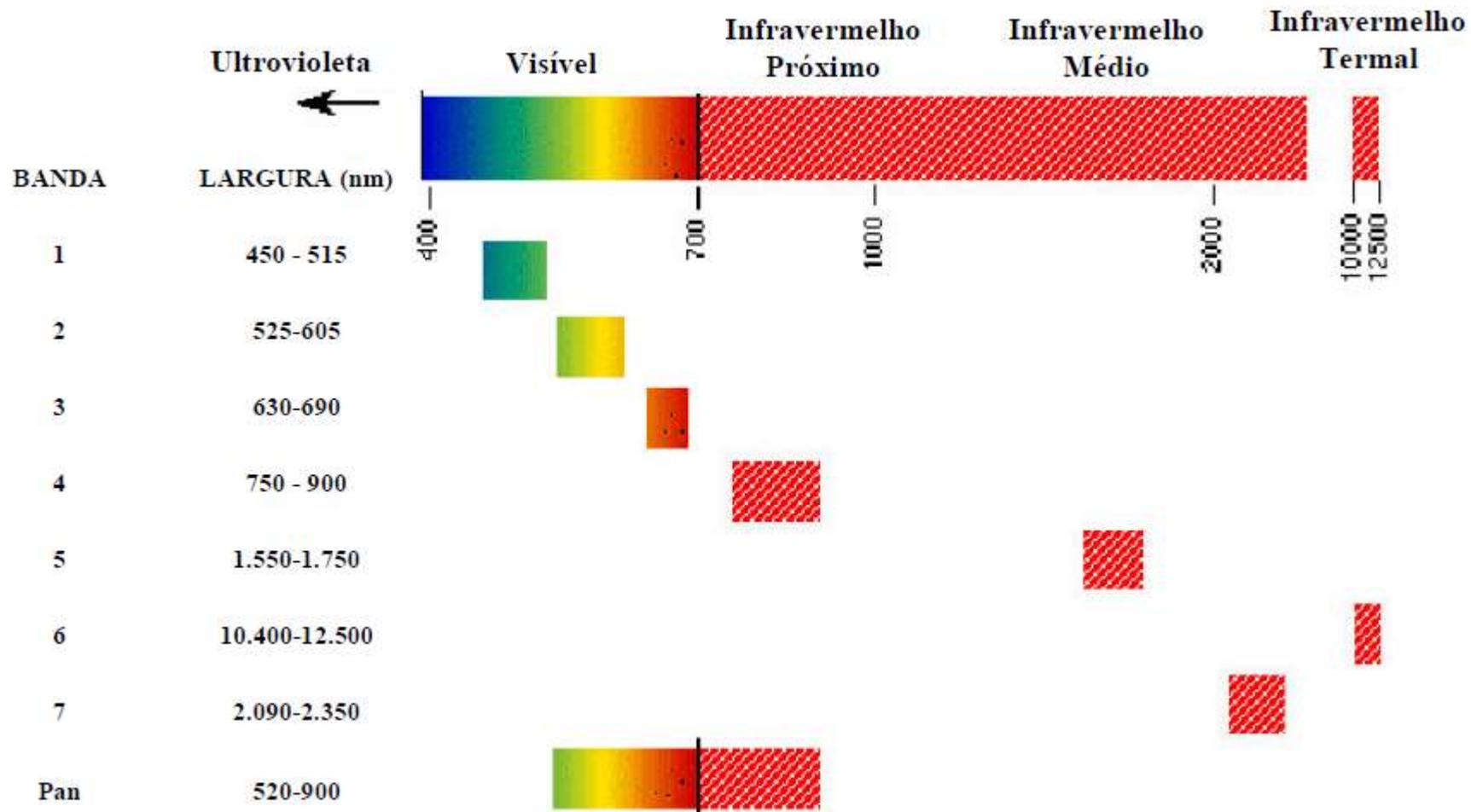


Fig. 1.6 Sistema Radar  
Fonte: adaptado de Rony, 1998.



**Fig 1.8** Imagens de Ubatuba, obtidas pelo ETM<sup>+</sup>-Landsat-7, 11/8/1999, nos canais 3 (da região do visível), 4 (do infravermelho próximo) e 5 (do infravermelho médio). Podemos observar que a área urbana está mais destacada na imagem do canal 3, enquanto a separação entre terra e água é mais nítida na imagem do canal 4. A vegetação está bem escura na imagem do canal 3, escura na imagem do canal 5, e clara na imagem do canal 4, que corresponde à faixa espectral na qual a vegetação reflete mais energia

# Bandas Espectrais do Sensor ETM+ do Landsat-7



# Resolução espacial



Space Imaging

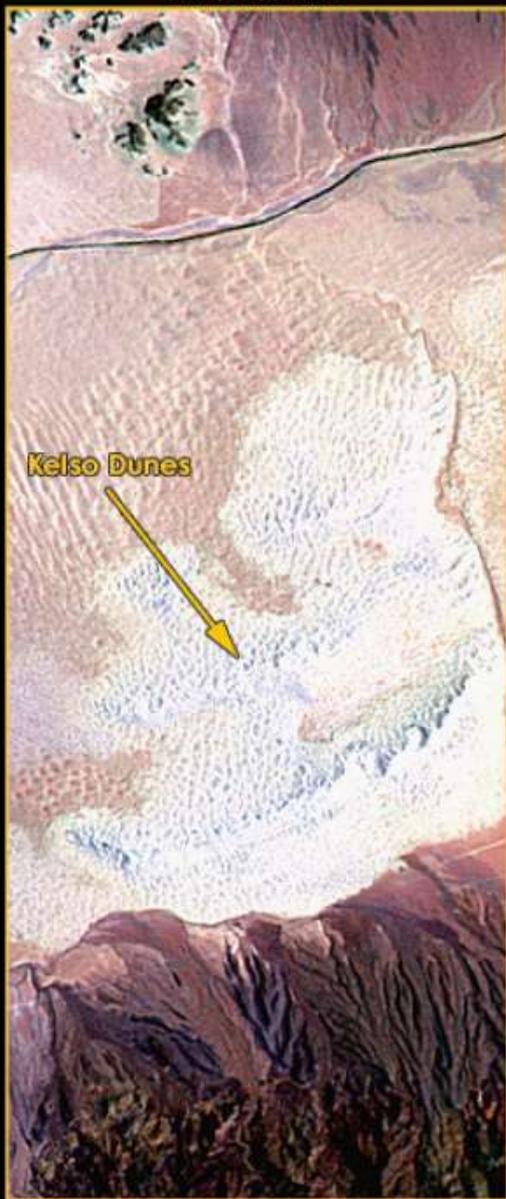


**Fig. 1.9** Imagens do aeroporto de San Francisco (EUA), tomadas com resolução espacial de 30 m (a), 5 m (b) e 1 m (c) pelos sensores a bordo dos satélites Landsat-5, IRS-2 e Ikonos-2, respectivamente

Cortesia: Mauricio B. Meira.

Landsat TM, 30 m

3 km, 1.86 miles

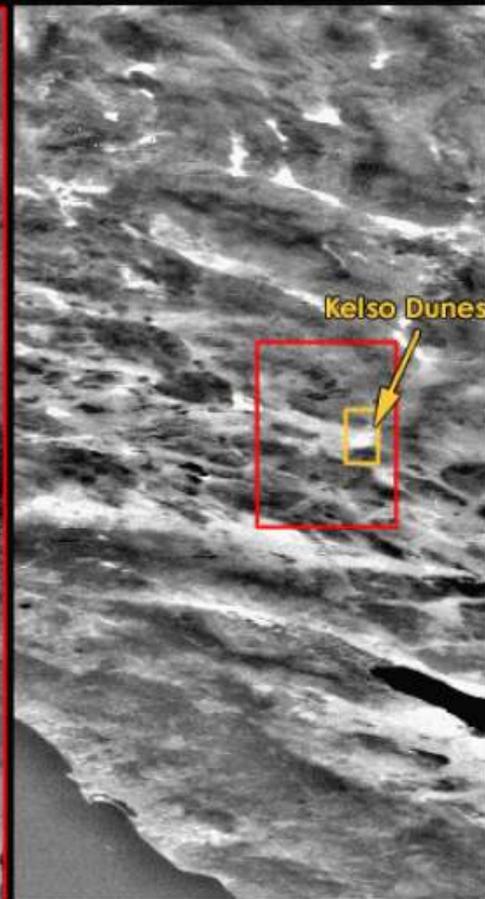


WIFS, 180 m

18 km, 11.16 miles



GOES, ~1 km



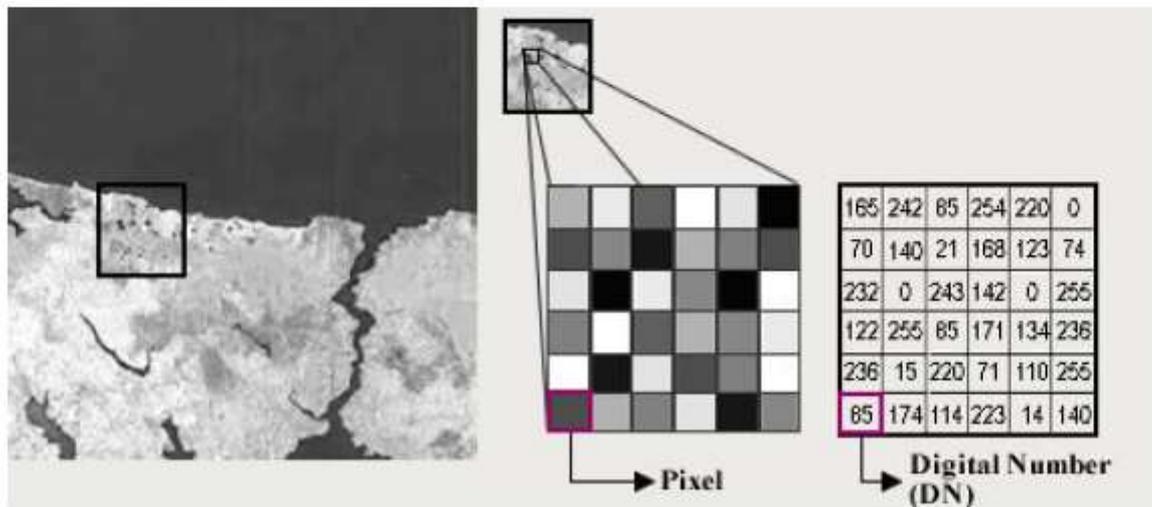
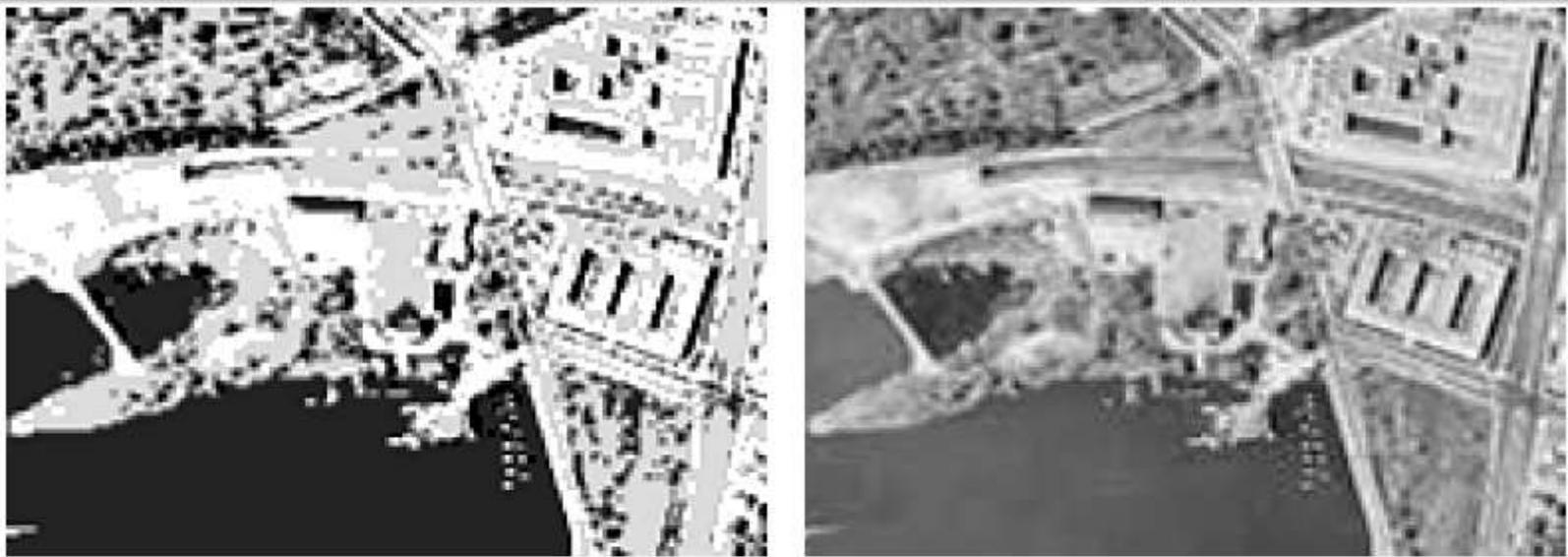
# Resolução espacial 1m x 1m



# Resolução radiométrica

- Capacidade de um sensor discriminar a intensidade de energia refletida
- Determina o intervalo de valores associados aos níveis de cinza. Pode ser de 4 a 256 valores diferentes.

# Resolução radiométrica



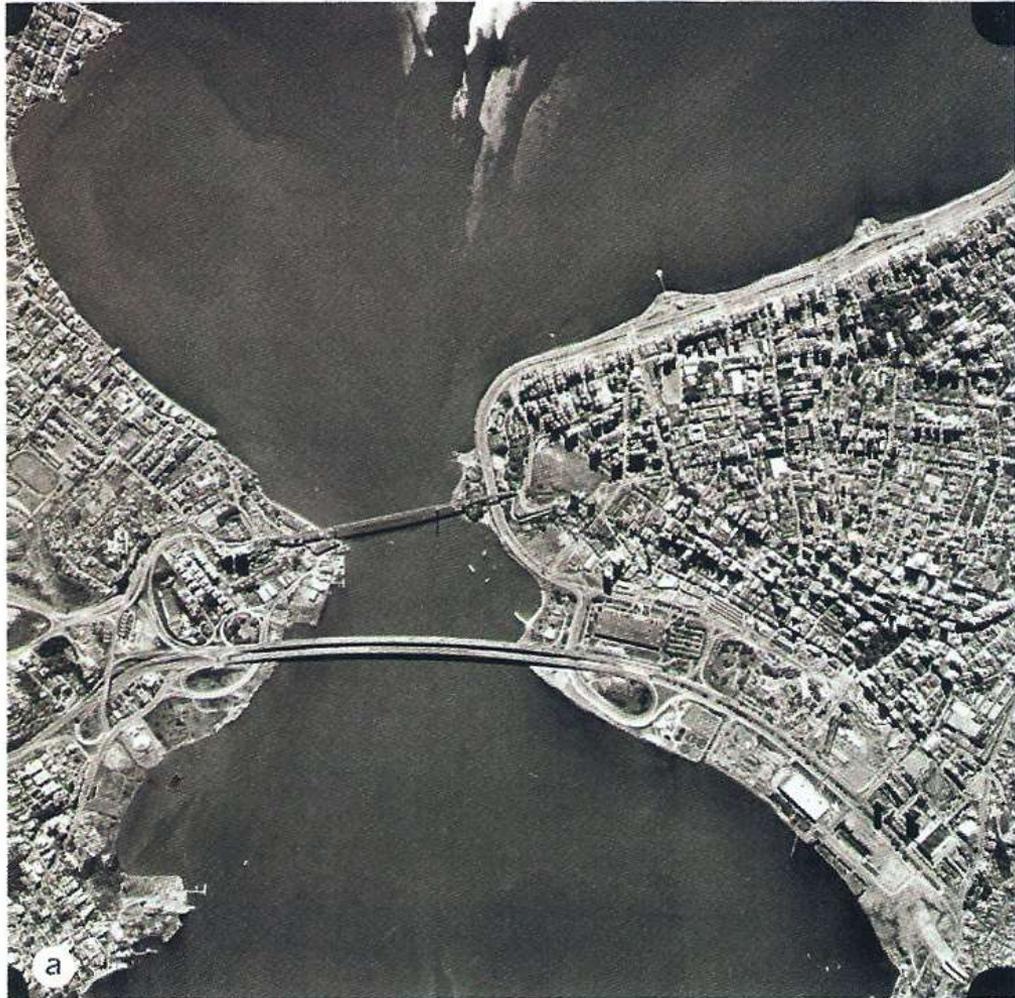
# Resolução temporal

- A frequência de imageamento de uma mesma área.
- TM-Landsat 5 – 16 dias
- Satélite Goes – a cada meia hora

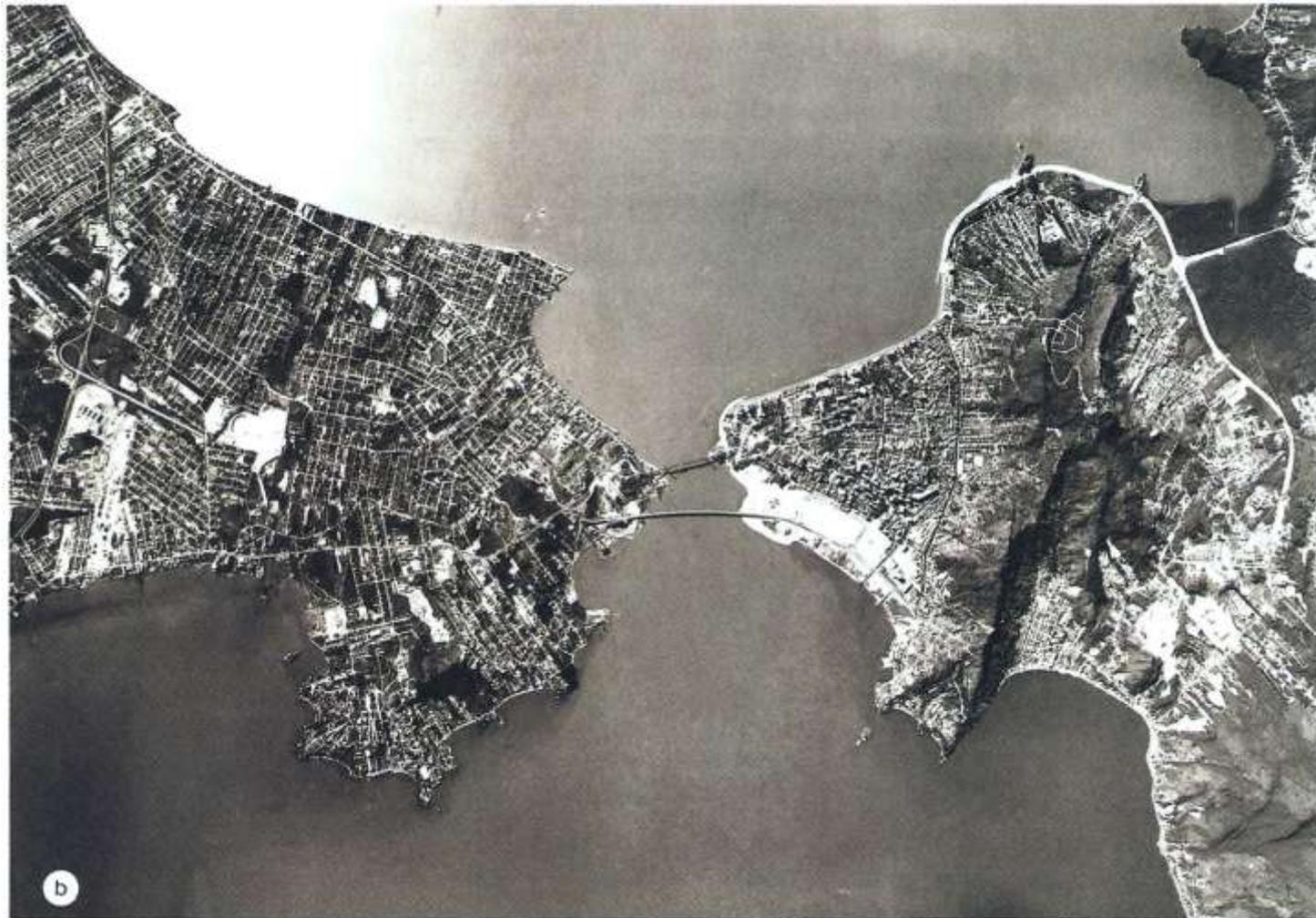
# Formação de cores



# Fotografias preto-e-branco



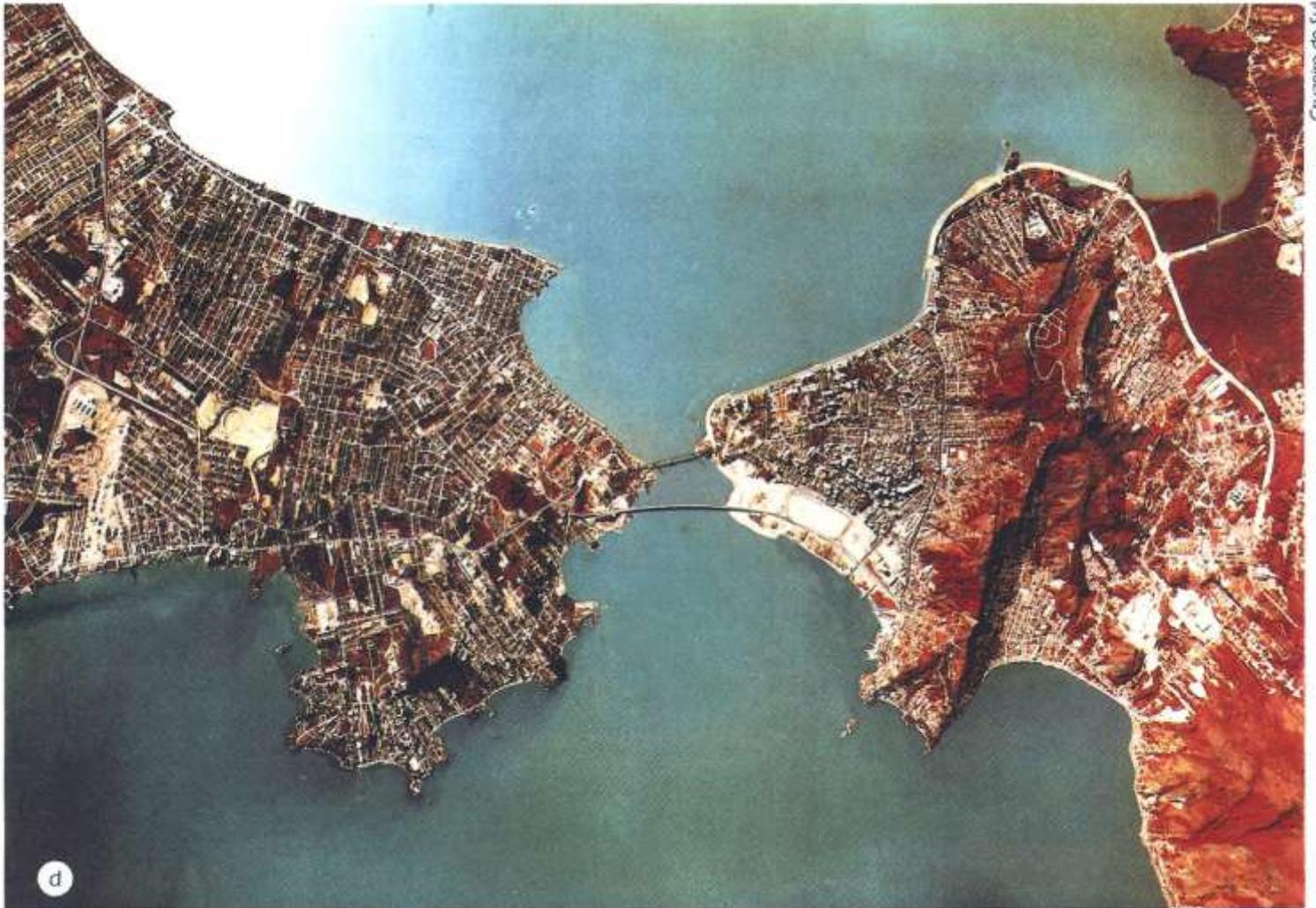
# Fotografia preto-e-branco infravermelho



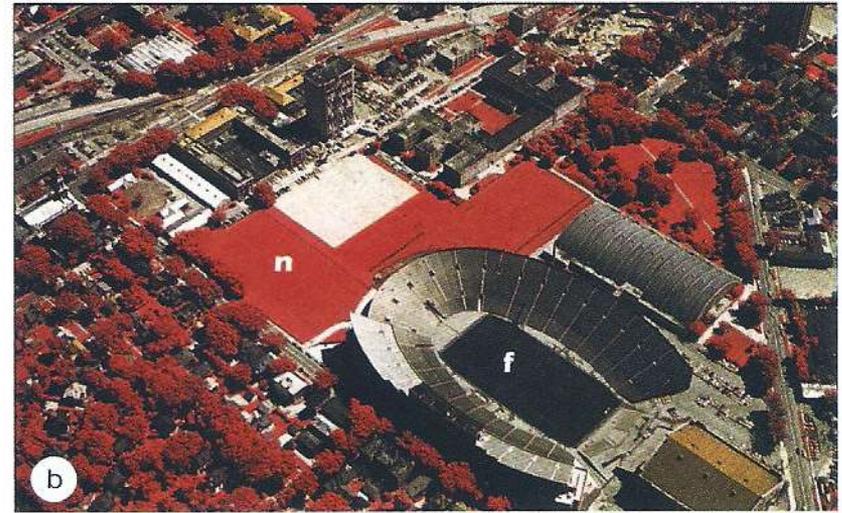
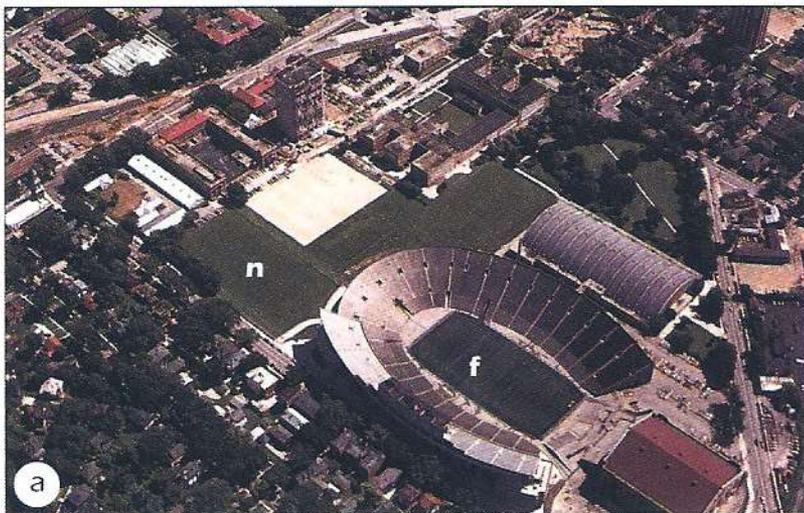
# Fotografia colorido natural



# Fotografia colorido falsa-cor ou infravermelho



# Usos do filme infravermelho



**Fig. 1.11** Fotografia aérea colorida natural (a) e colorida infravermelha (b) da Universidade de Wisconsin (EUA). Constata-se que o campo de futebol é formado por grama sintética (f), pois se a grama fosse natural (n), ela seria representada na cor vermelha na foto (b), como ocorre com o campo ao lado, de grama natural, e o restante da vegetação natural

Fonte: Lillesand e Kiefer, 2000.

# Usos do filme infravermelho



**Fig. 1.12** Fotografia infravermelha falsa-cor de culturas de trigo no município de Tapera (RS). Observe que as parcelas com trigo saudável estão representadas em vermelho mais claro e mais uniforme, enquanto aquelas do trigo atacado pela doença "mal do pé" (*Ophiobolus graminis*) aparecem em vermelho mais escuro mesclado ao verde, que representa o solo. Cortesia: Maurício A. Moreira.

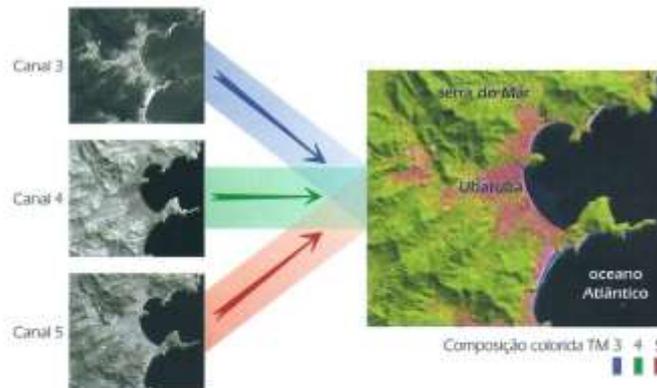
# Imagens coloridas

- As imagens obtidas por sensores eletrônicos são originalmente produzidas de forma individual em tons de cinza.
- A quantidade de energia refletida pelo objeto vai determinar sua representação nestas imagens nos diferentes tons de cinza entre o branco (quando refletem toda a energia) e o preto (quando absorvem toda a energia)

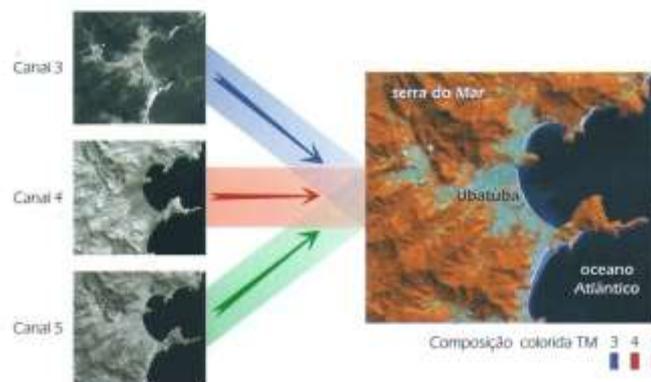
# Imagens coloridas

- Com filtros coloridos azul, vermelho e verde é possível reproduzir imagens coloridas

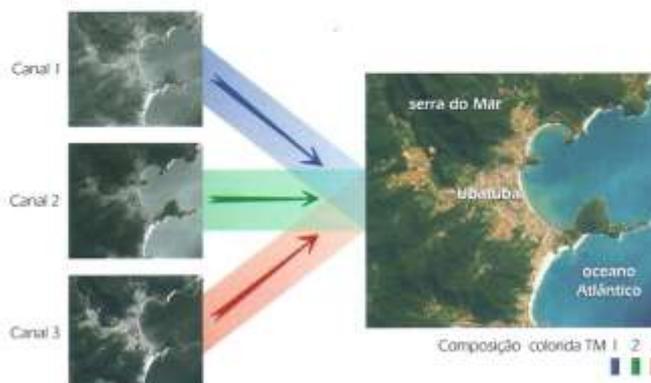
**Fig. 1.13** Imagem colorida de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM<sup>+</sup>- Landsat-7, 11/8/1999, dos canais 3, 4 e 5, com as cores azul, verde e vermelha, respectivamente



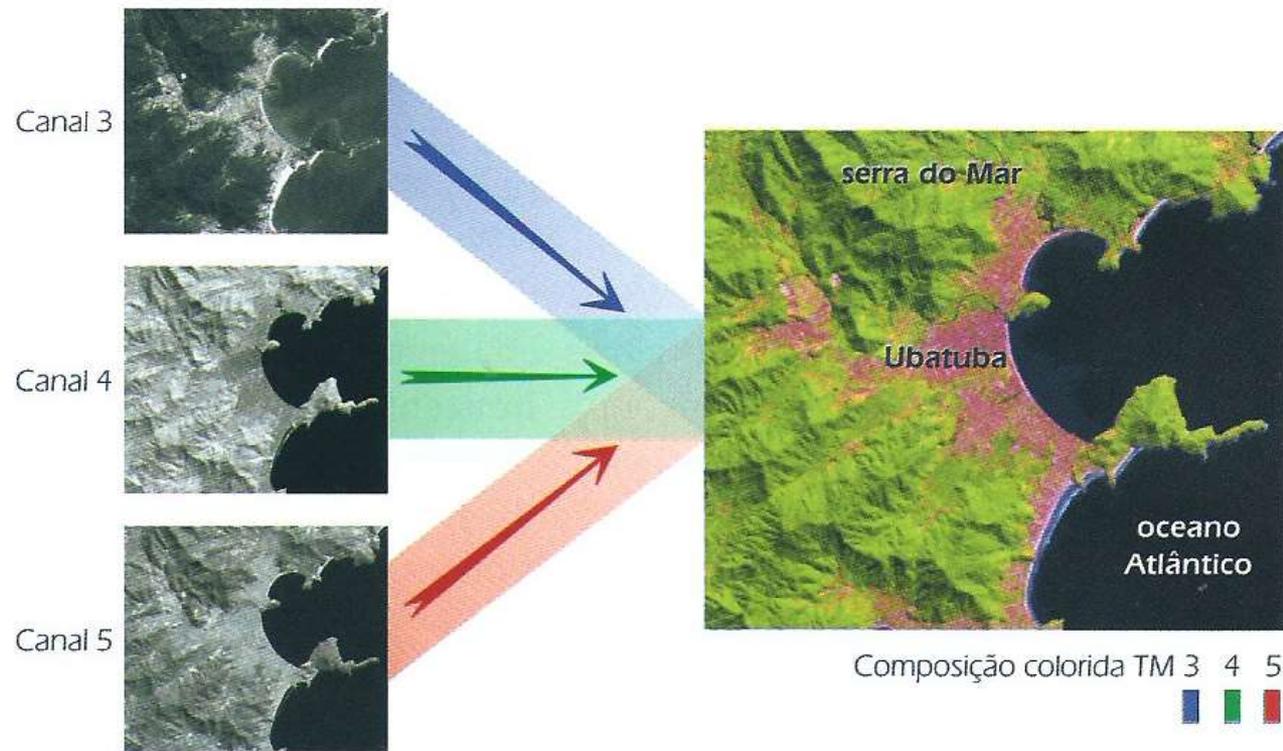
**Fig. 1.14** Imagem colorida de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM<sup>+</sup>- Landsat-7 dos canais 3, 4 e 5, com as cores azul, vermelha e verde, respectivamente

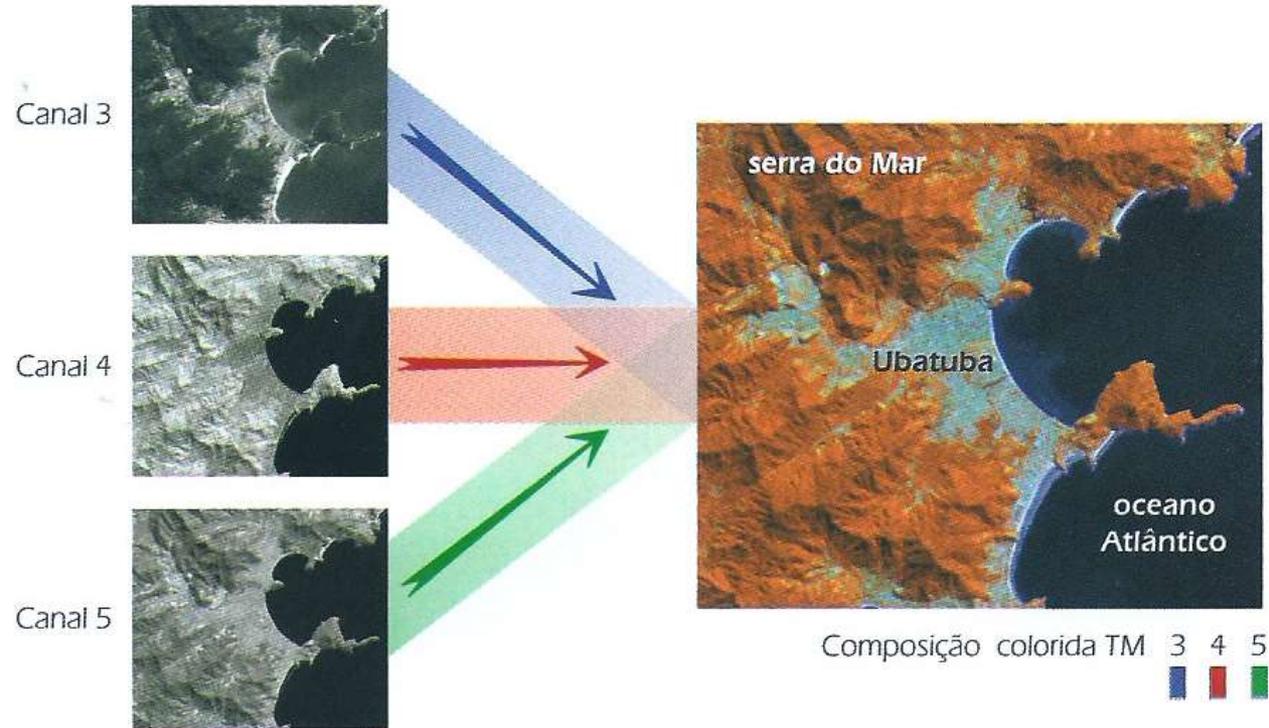


**Fig. 1.15** Imagem colorida natural de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM<sup>+</sup>- Landsat-7 dos canais 1, 2 e 3, com as cores azul, verde e vermelha, respectivamente



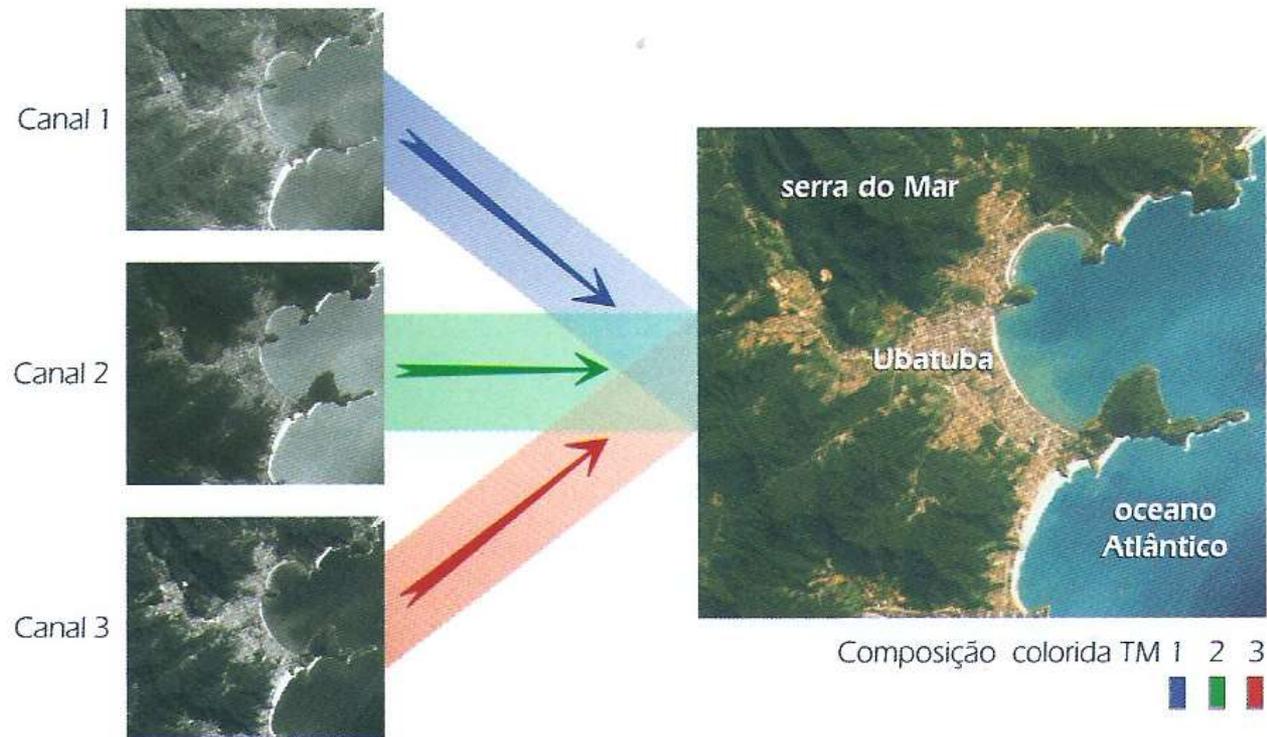
**Fig. 1.13** Imagem colorida de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM<sup>+</sup>- Landsat-7, 11/8/1999, dos canais 3, 4 e 5, com as cores azul, verde e vermelha, respectivamente



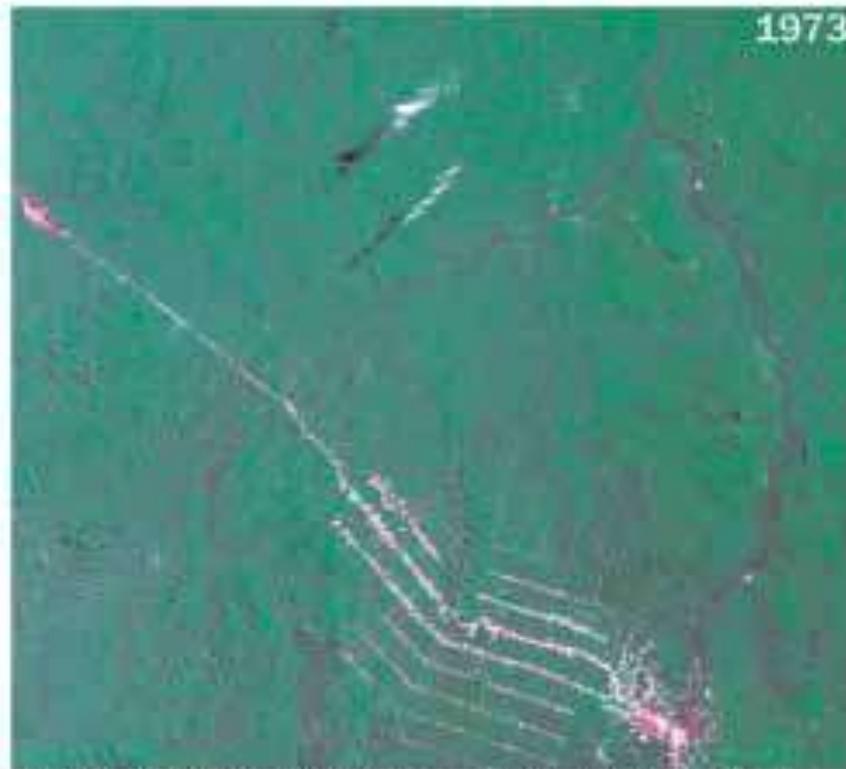


**Fig. 1.14** Imagem colorida de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM<sup>+</sup>- Landsat-7 dos canais 3, 4 e 5, com as cores azul, vermelha e verde, respectivamente

**Fig. 1.15** Imagem colorida natural de Ubatuba, obtida a partir das imagens ETM<sup>+</sup>-Landsat-7 dos canais 1, 2 e 3, com as cores azul, verde e vermelha, respectivamente



# DESMATAMENTO



Landsat 1 - Sensor MSS - Base 248 Ponto 67 - Canais 5(R), 6(G), 4(B) - Data 25 - 07 - 1973



Landsat 5 - Sensor TM - Base 231 - Ponto 67 - Canais 6(R), 4(G), 3(B) - Data 10 - 07 - 2004

LANDSAT

II - PARANÁ  
Rondônia

Mapa de Localização



Scale 1:100000



Ministério da  
Ciência e Tecnologia

