



Universidade Federal do ABC

# Sensoriamento Remoto

Carolina Moutinho Duque de Pinho

Flávia da Fonseca Feitosa

Vitor Vieira Vasconcelos

*Cartografia e Geoprocessamento para o Planejamento Territorial*

# Sensoriamento Remoto



O que?

# Sensoriamento Remoto

## *Sensoriamento Remoto*

Conjunto de técnicas relacionadas à utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles.

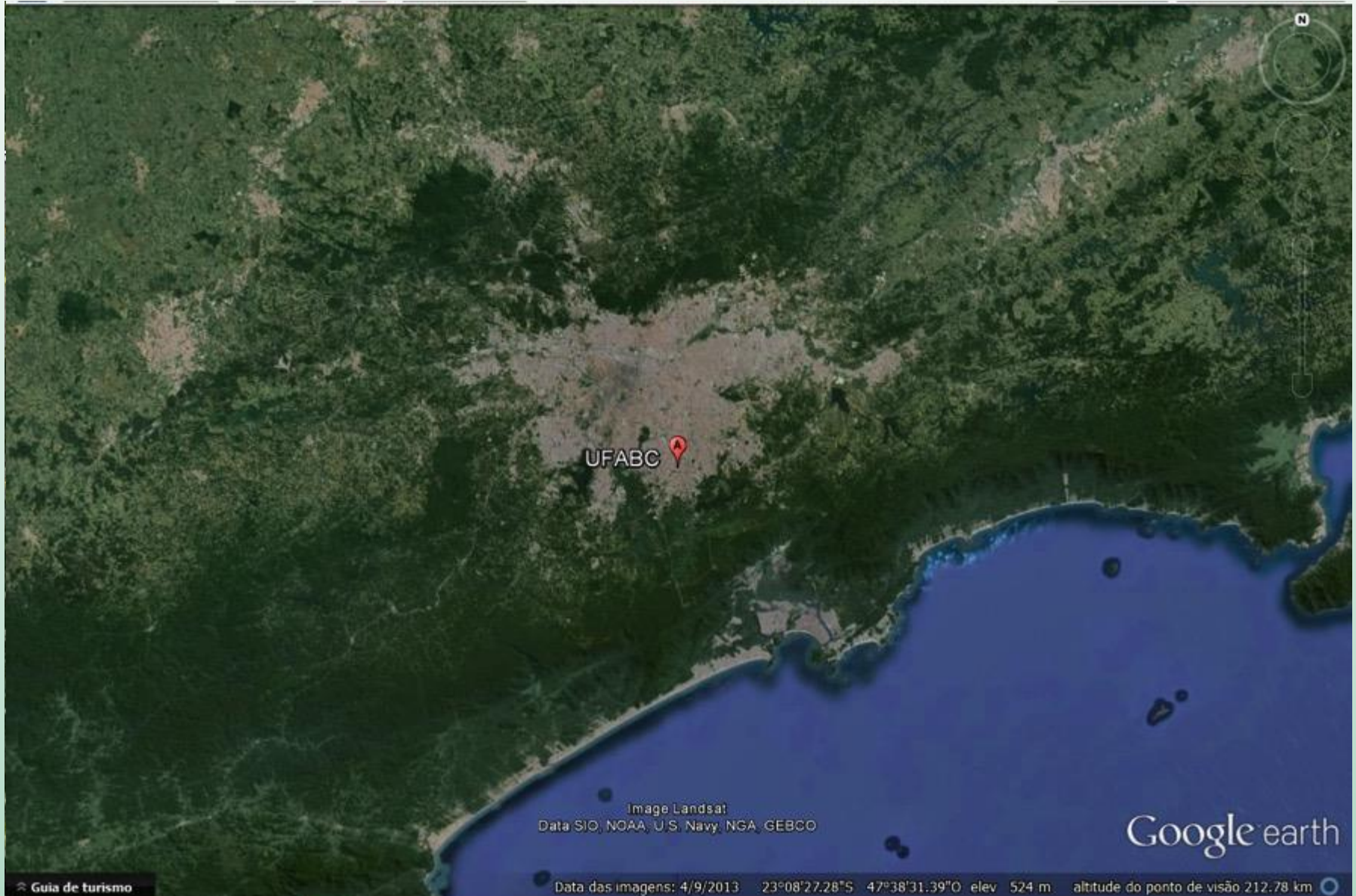
**Sensoriamento**  Obtenção de dados

**Remoto**  Distante

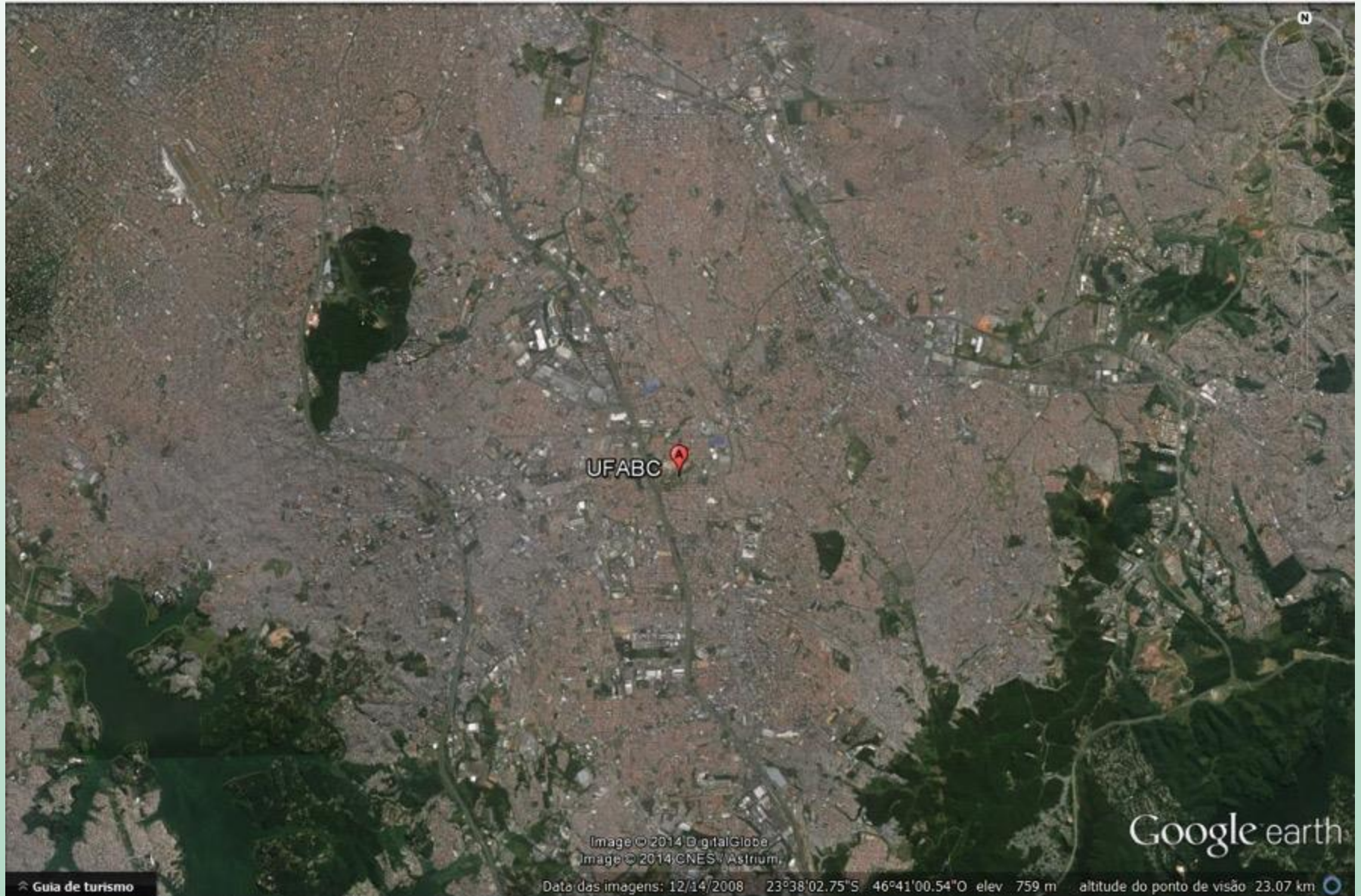
# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



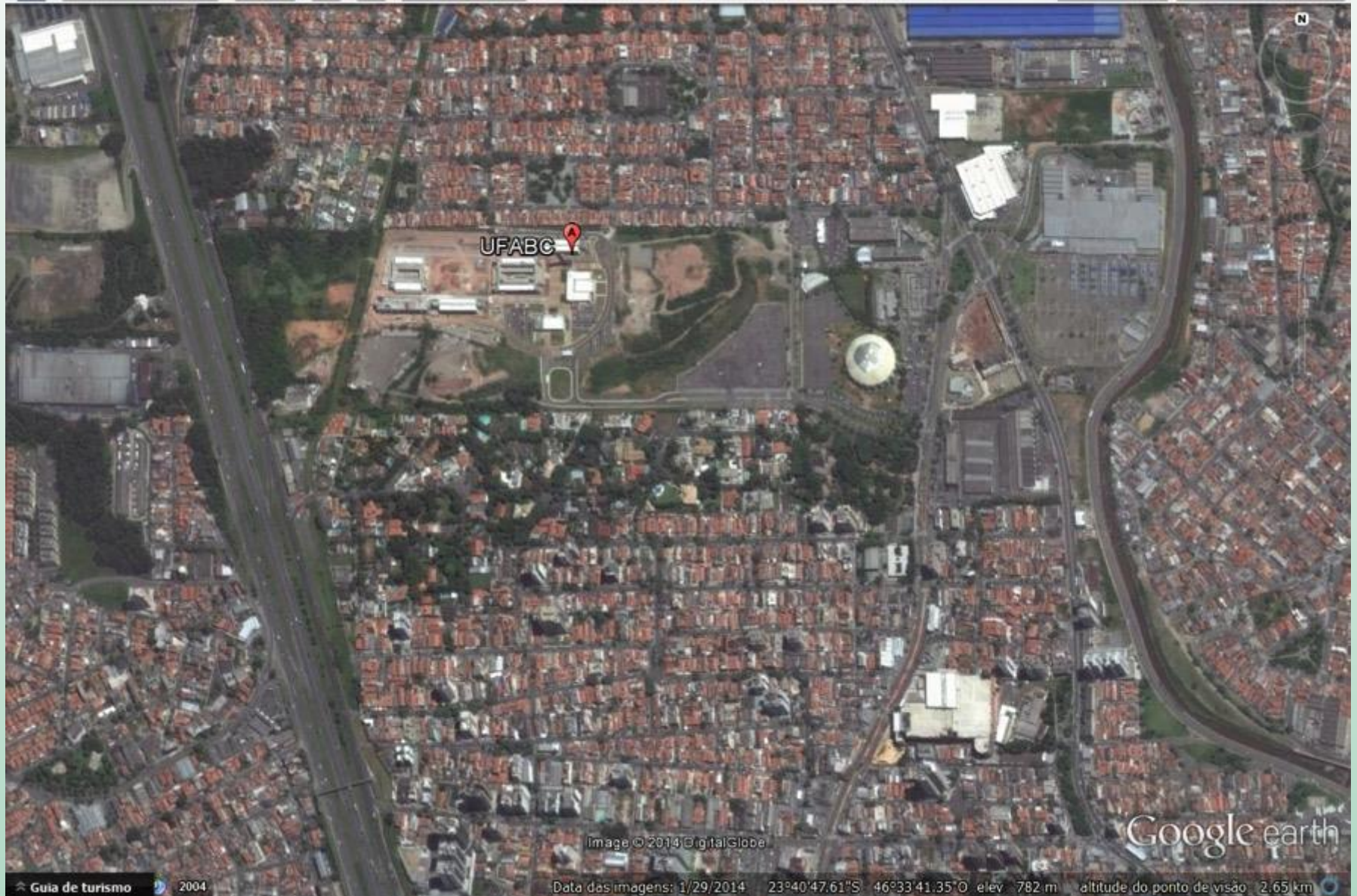
# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?





# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?

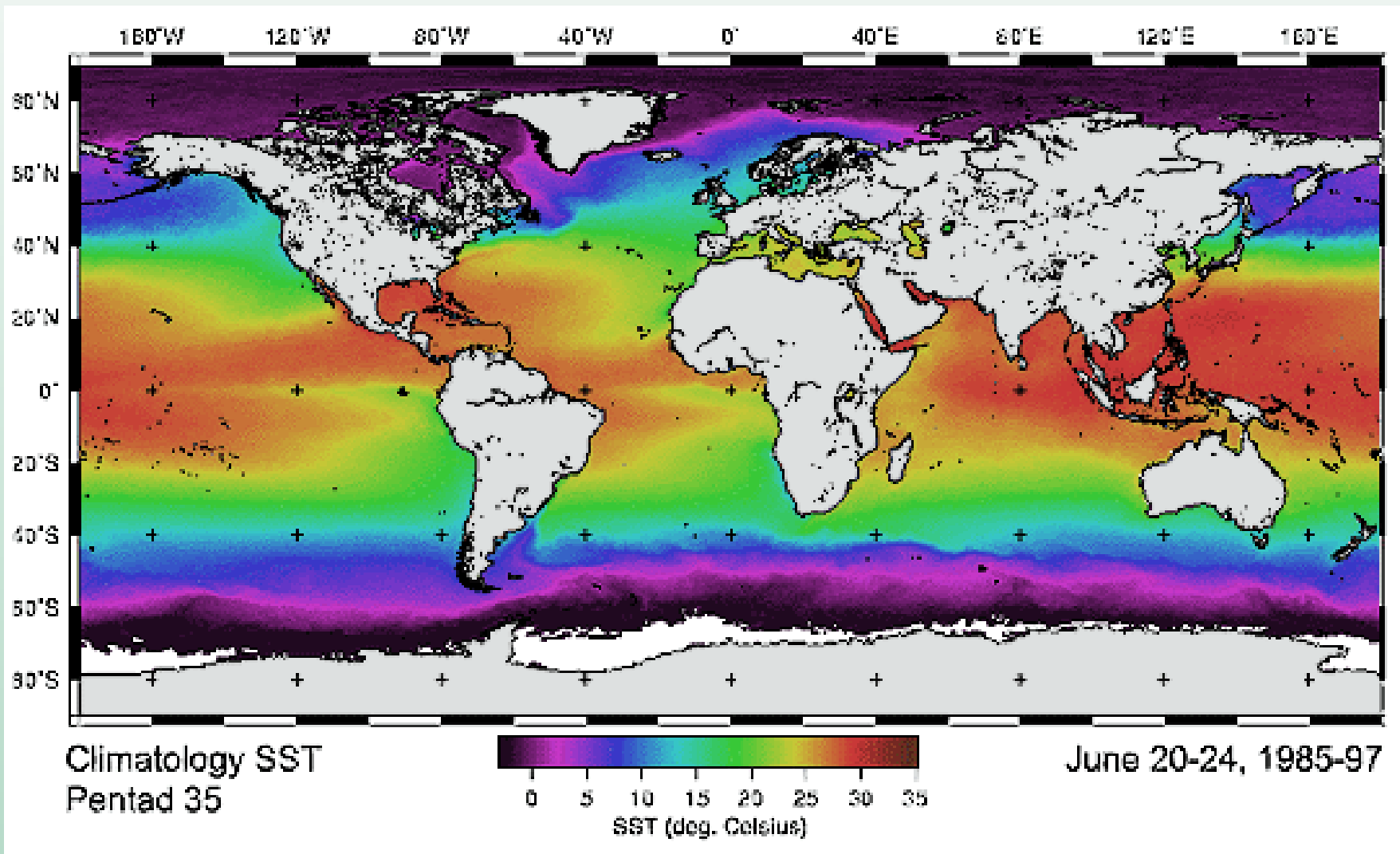
SRTM Perspective View with Landsat Overlay: Santa Barbara, California



# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



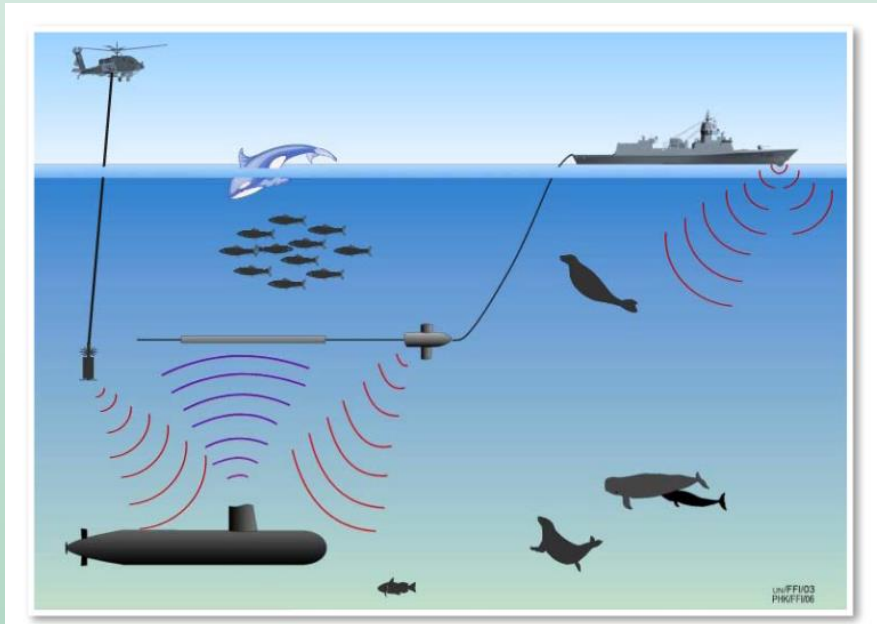
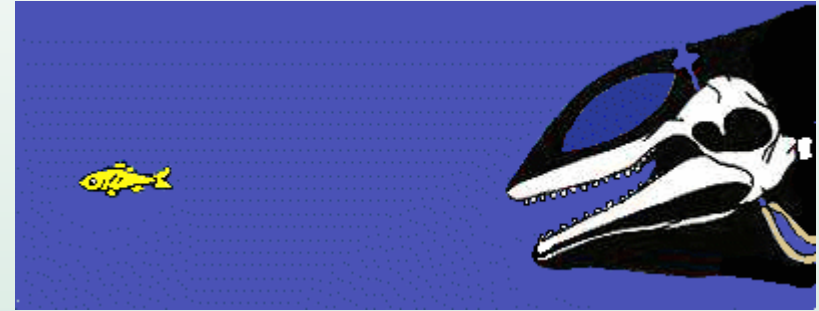
# O que vem à cabeça quando ouve Sensoriamento Remoto?



# SENSORES

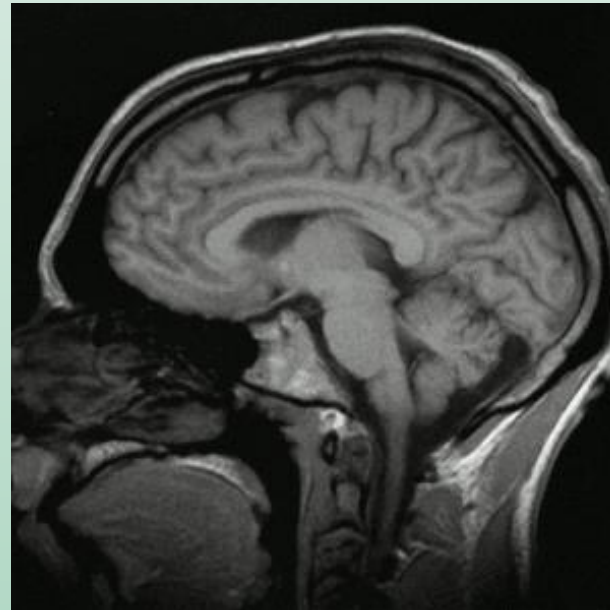
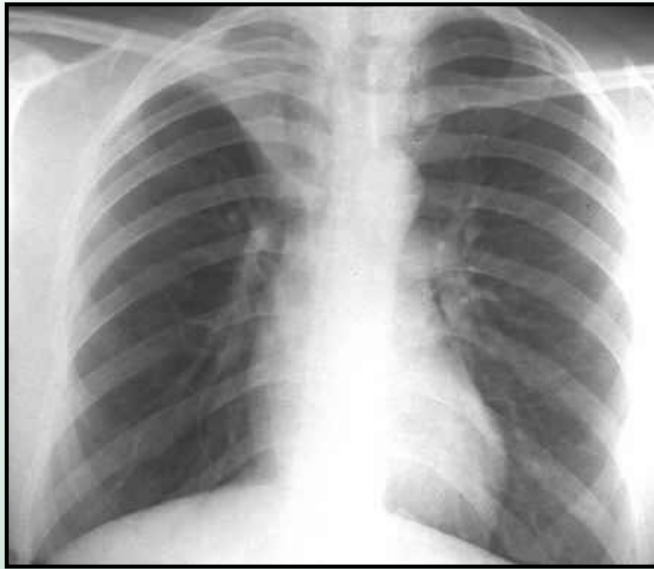
Qualquer equipamento capaz de transformar alguma forma de **ENERGIA** em um sinal elétrico passível de ser convertido sobre informação sobre o ambiente.

# Então Sensoriamento Remoto é?





# Então Sensoriamento Remoto é?



# Sensoriamento Remoto

- O que é?

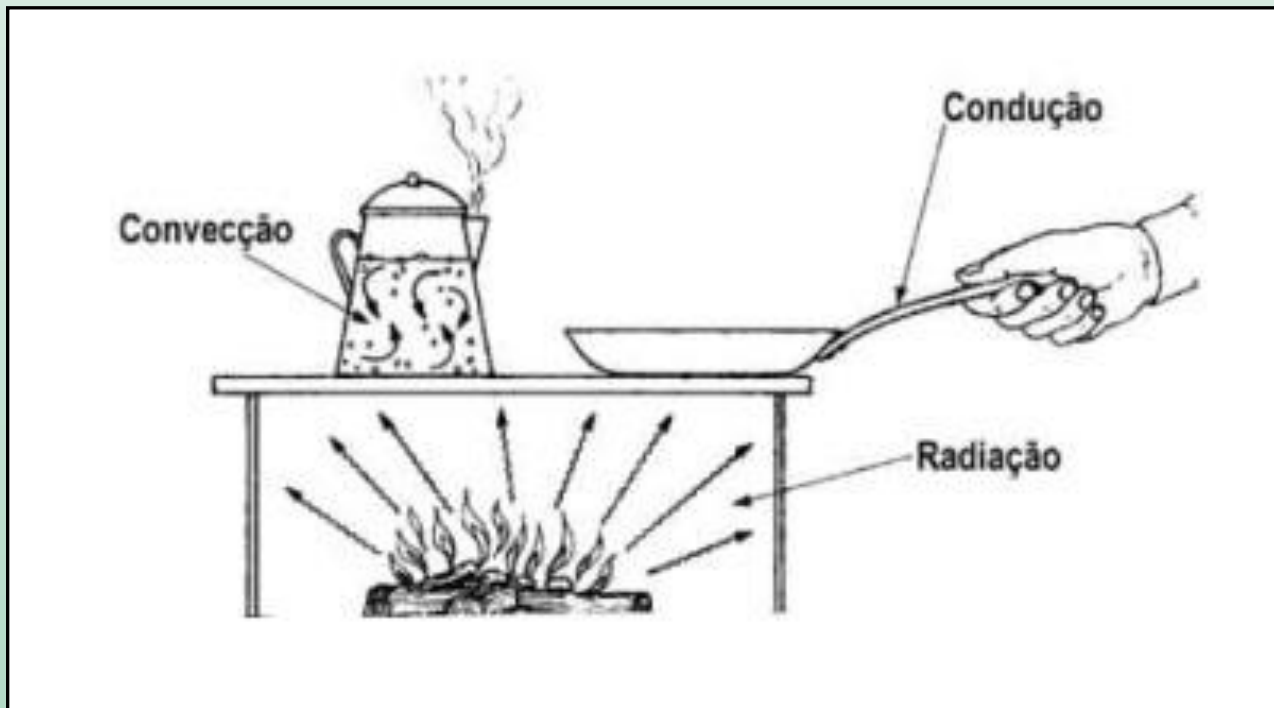
“Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da **SUPERFÍCIE TERRESTRE** por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da **RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA** com os materiais terrestres” (Meneses & Almeida, 2012)

# Princípios Físicos

## O que é Energia Eletromagnética?

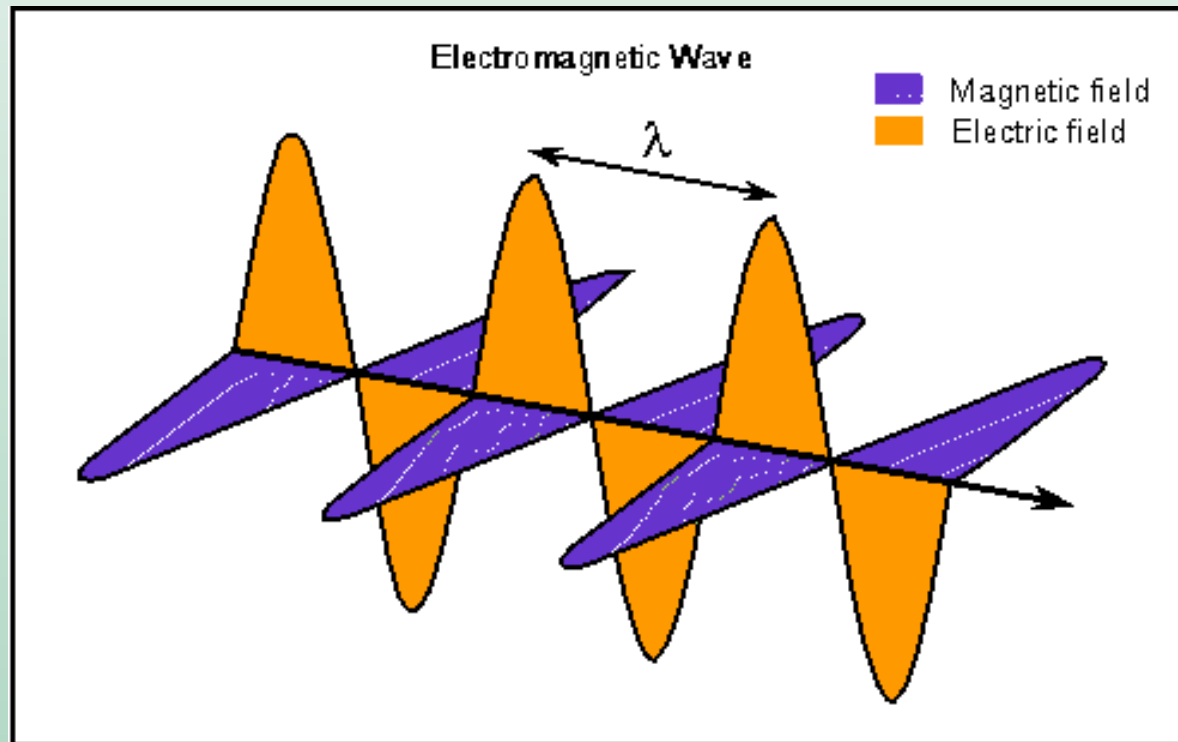
O calor é um tipo de energia que pode ser transferido de um corpo para o outro quando há diferença de temperatura entre eles. A transferência de calor pode ocorrer de três formas:

**radiação**, condução e convecção.



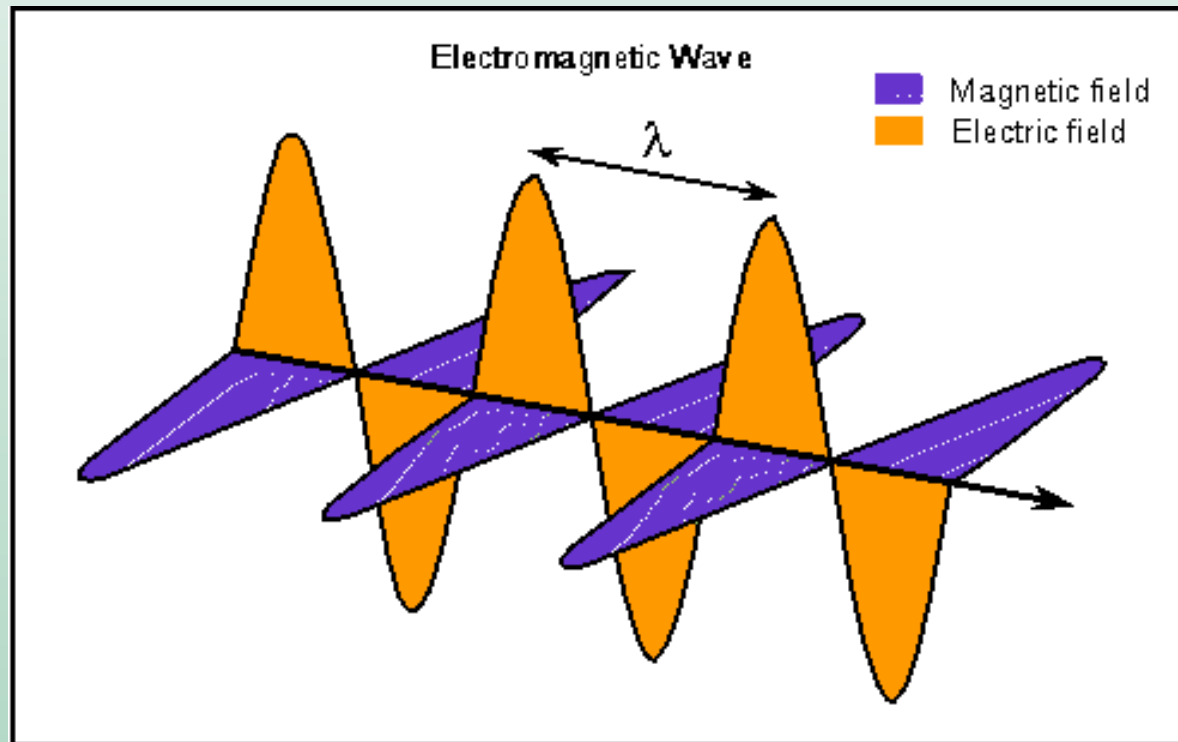
# Ondas Eletromagnéticas

A radiação térmica, também conhecida como irradiação, é uma forma de transferência de calor que ocorre por meio de **ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**, e por isso é também conhecida por **RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA**.



# Radiação Eletromagnética

Essa radiação tem efeitos elétricos e magnéticos, e por isso pode ser chamada de “**RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA**”.



# A radiação eletromagnética é o meio para muitas de nossas interações com o mundo.

Você pode ver ao seu redor por causa da energia da luz. Quando você sintoniza seu rádio, assiste TV, envia uma mensagem de texto ou faz pipoca em um forno de micro-ondas, está usando **ENERGIA ELETROMAGNÉTICA**.



# Interações Energia-Matéria

## INTERAÇÃO COM OS OBJETOS

- Energia Incidente (I):

- **Absorção;**
- **Transmissão;**
- **Reflexão;**



- A quantidade de energia de cada tipo de interação é determinada pelas propriedades físico químicas do alvo.

# Sensoriamento Remoto

## Sensoriamento Remoto →

Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da **SUPERFÍCIE TERRESTRE** por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da **RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA** com os materiais terrestres.

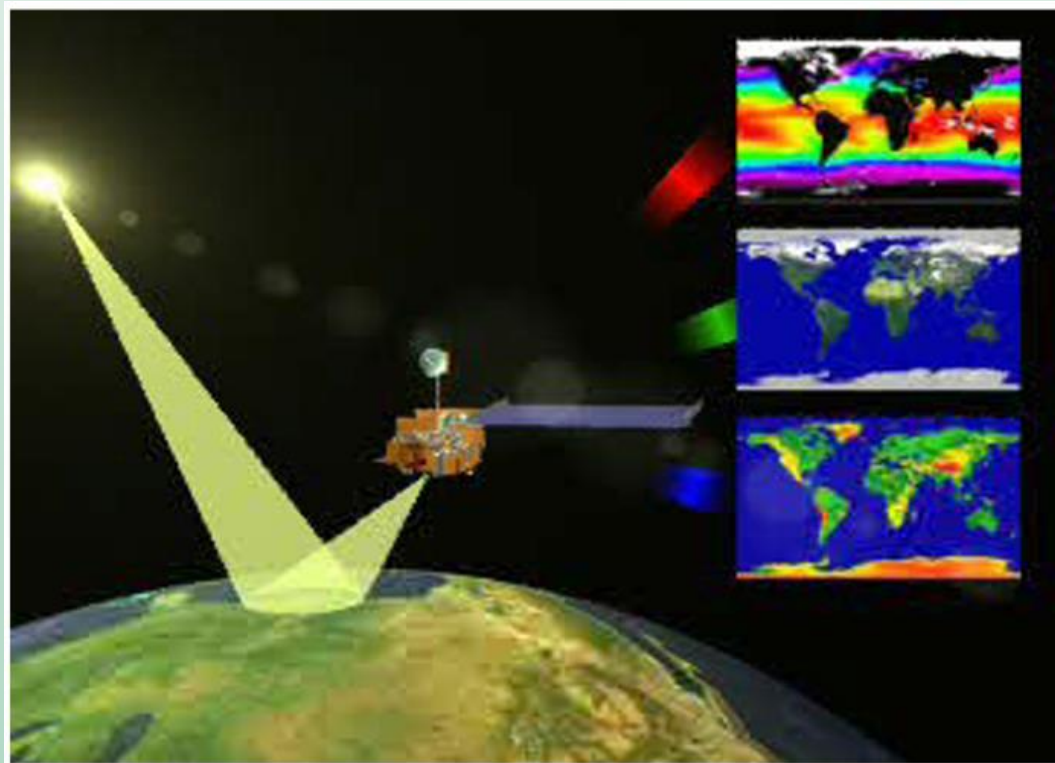
**Sensores** → Qualquer equipamento capaz de transformar alguma forma de **ENERGIA** em um sinal elétrico passível de ser convertido sobre informação sobre o **AMBIENTE**.

**Os sensores imageadores** → que são os de maior interesse para o planejamento territorial, são aqueles que fornecem como resultado uma imagem da superfície observada.



# Por que o SR utiliza Energia Eletromagnética (ERM)?

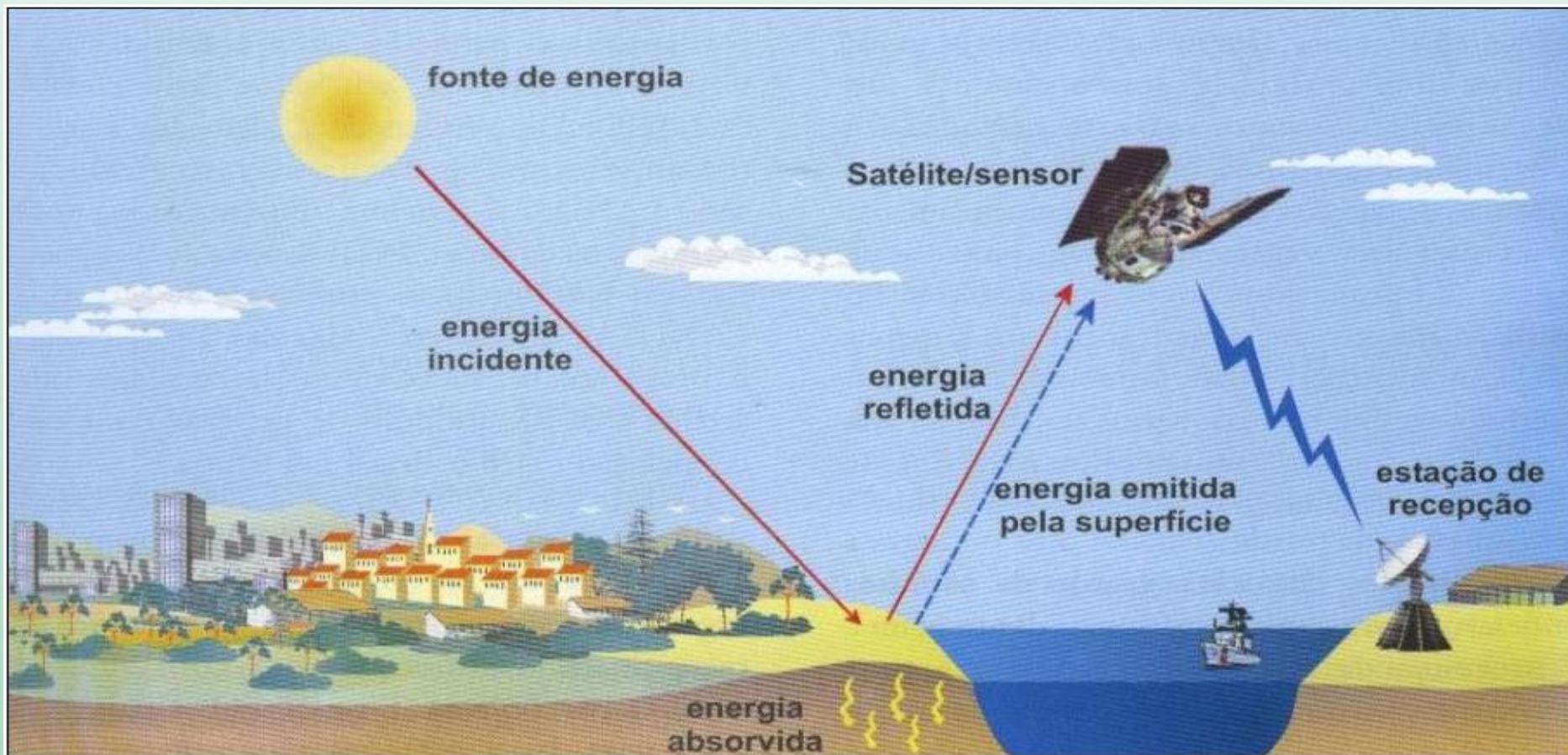
A ERM pode propagar-se no **VÁCUO**, permitindo a aquisição de dados em plataformas no espaço.



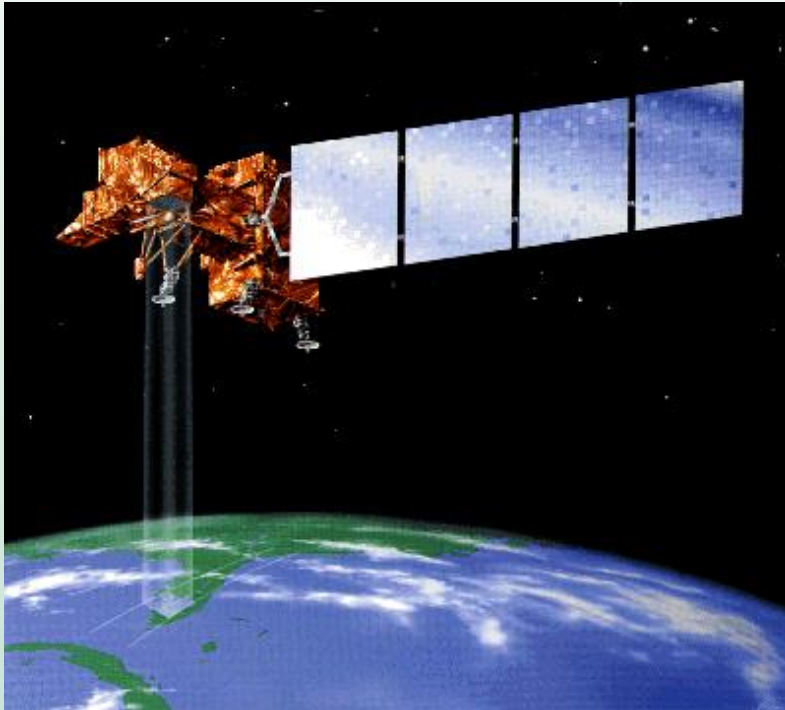
# Aquisição de Dados

## PRINCÍPIO BÁSICO

Os sensores captam a **energia eletromagnética** irradiada pelos objetos na superfície terrestre



# SENSORES IMAGEADORES



**SENSORES A BORDO DE SATÉLITES**

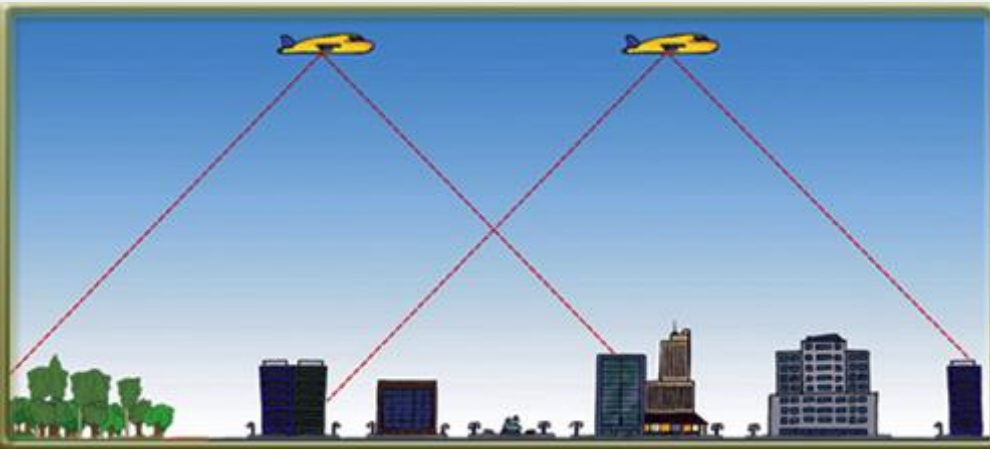
**- SENSORES ORBITAIS -**

Rastreamento da Superfície Terrestre  
(Scanning)

**Imagem Orbitais - várias resoluções**



# SENSORES IMAGEADORES



**SENSORES A BORDO DE AVIÕES**

**- CÂMERAS FOTOGRÁFICAS -**

Imagem obtida instantaneamente

**Fotografia Aérea**

Em geral, apresentam resolução fina  
(grande escala)



# **Fundamentos do Sensoriamento Remoto**

## **PRINCÍPIOS FÍSICOS**

**Interação entre a energia e a matéria**

# Sensoriamento Remoto

“Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da **SUPERFÍCIE TERRESTRE** por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da **RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA** com os materiais terrestres” (Meneses & Almeida, 2012)

# Princípios Físicos

- Todos os corpos emitem radiações eletromagnéticas que são proporcionais à sua temperatura.
- Quanto maior a temperatura, maior a quantidade de calor que o objeto irradia.
- Um exemplo desse processo é o que acontece com a Terra, que, mesmo sem estar em contato com o Sol, é aquecida por ele.

# Radiação Eletromagnética (REM)

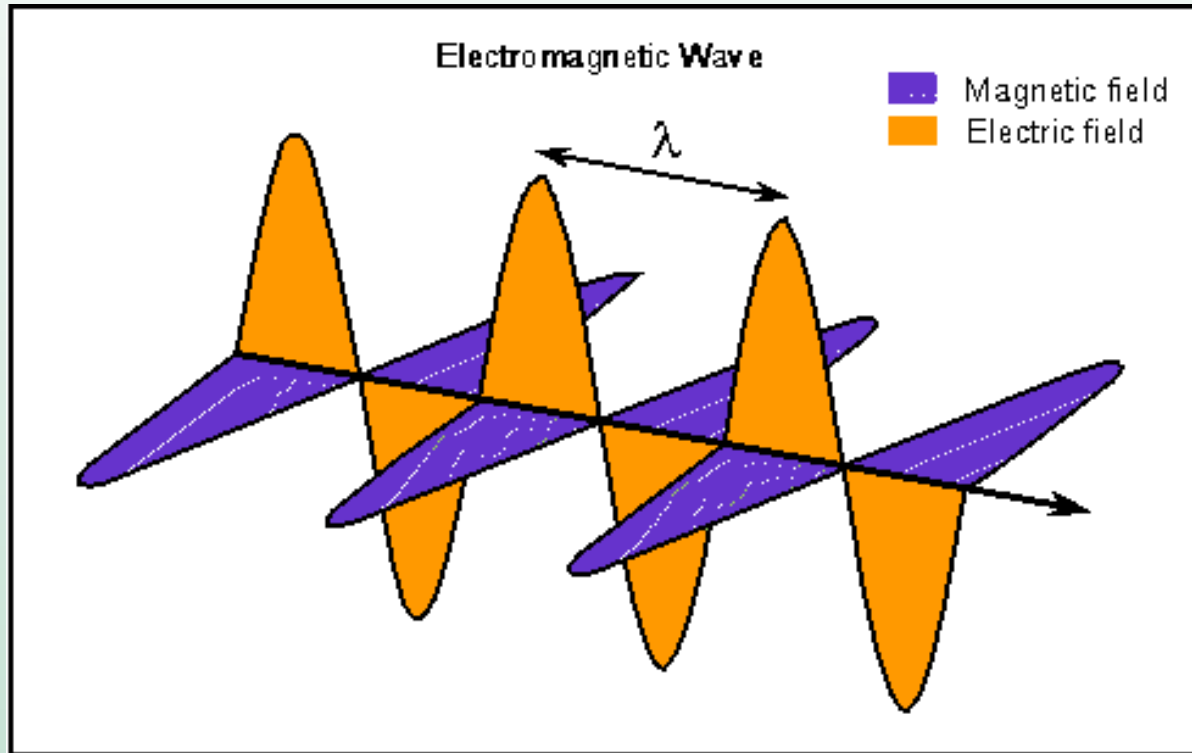
Dualidade do comportamento da natureza da radiação eletromagnética (REM):

**onda** (modelo ondulatório) e

**energia** (modelo corpuscular).



# Modelo Ondulatório



Uma partícula carregada eletricamente gera um campo elétrico em torno de si e o movimento dessa partícula gera, por sua vez, um campo magnético. Ambos os campos, elétrico e magnético, atuam vibrando ortogonalmente entre si e possuem as mesmas amplitudes.

# Modelo Ondulatório

Conceitos fundamentais:

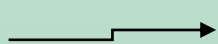
- Comprimento de onda  $\rightarrow$  Comprimento de um ciclo completo, distância entre duas cristas;
- Freqüência  $\rightarrow$  quantidade de ciclos por segundo (medida em Hertz)

$c$   $\rightarrow$  velocidade da Luz (m/s)

$\lambda$   $\rightarrow$  comprimento de onda (m)

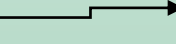
$f$   $\rightarrow$  freqüência (Hz)

Velocidade da no  
vácuo =  $3 \times 10^8$  m/s



$$c = f \lambda$$

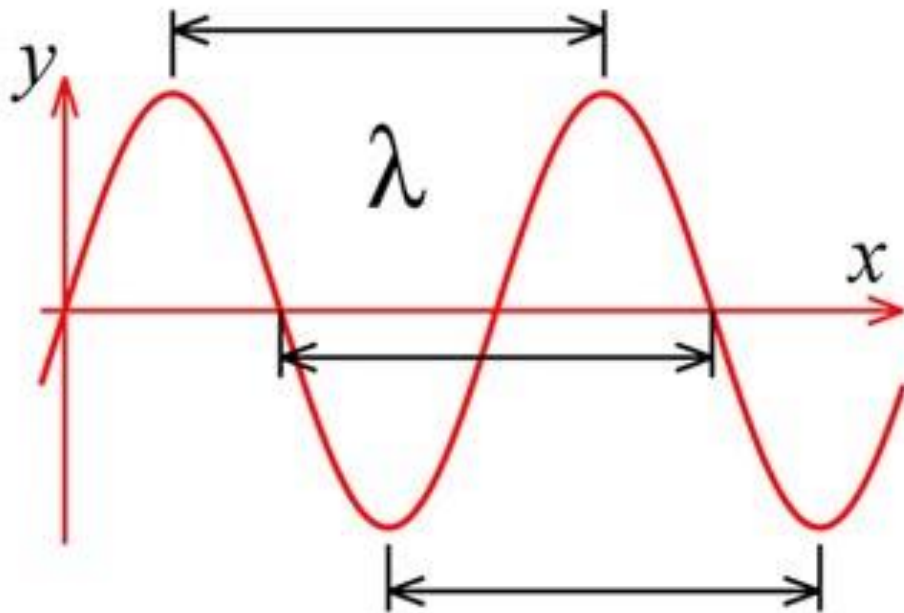
freqüência



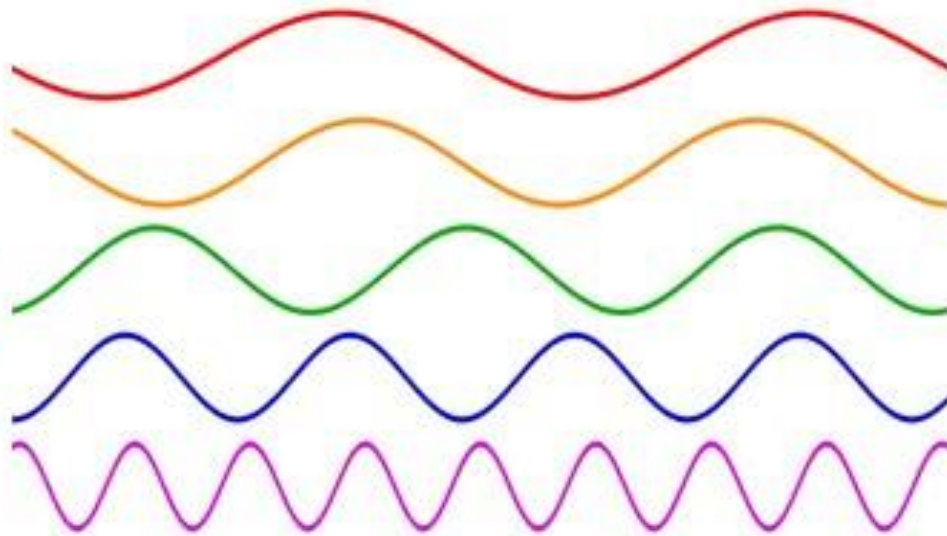
Comprimento  
de onda

# Modelo Ondulatório

COMPRIMENTO DE ONDA



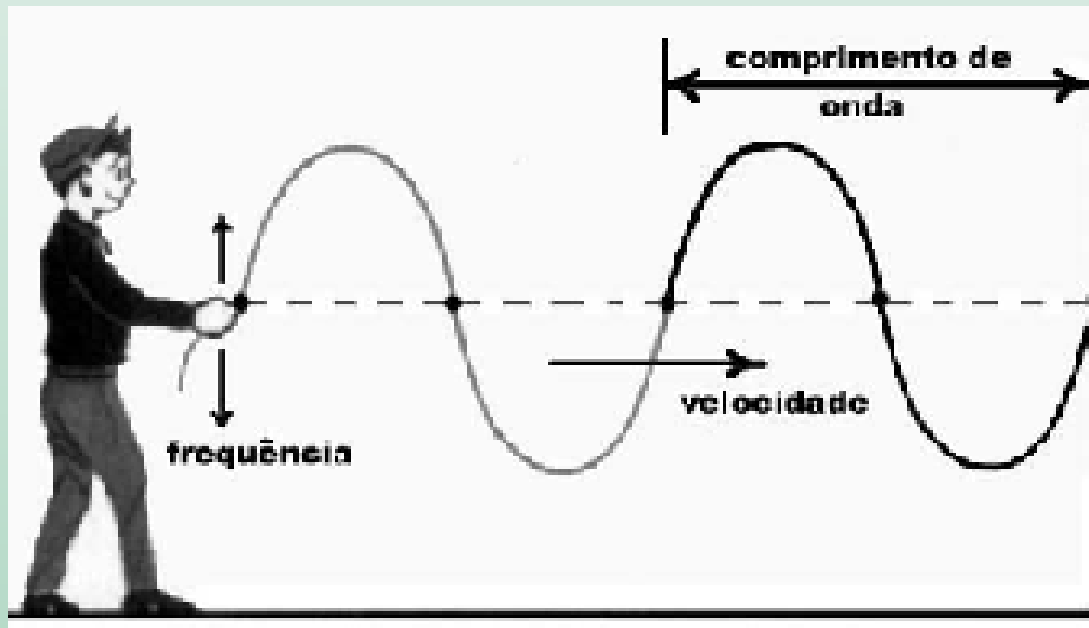
FREQUÊNCIAS DE ONDA



O comprimento de uma onda é inversamente proporcional à sua frequência já que, menores comprimentos de onda implicam em menores distâncias entre suas fases consecutivas, permitindo com que haja mais ocorrências do evento por segundo. Quanto maior a frequência de uma onda, menor o seu comprimento.

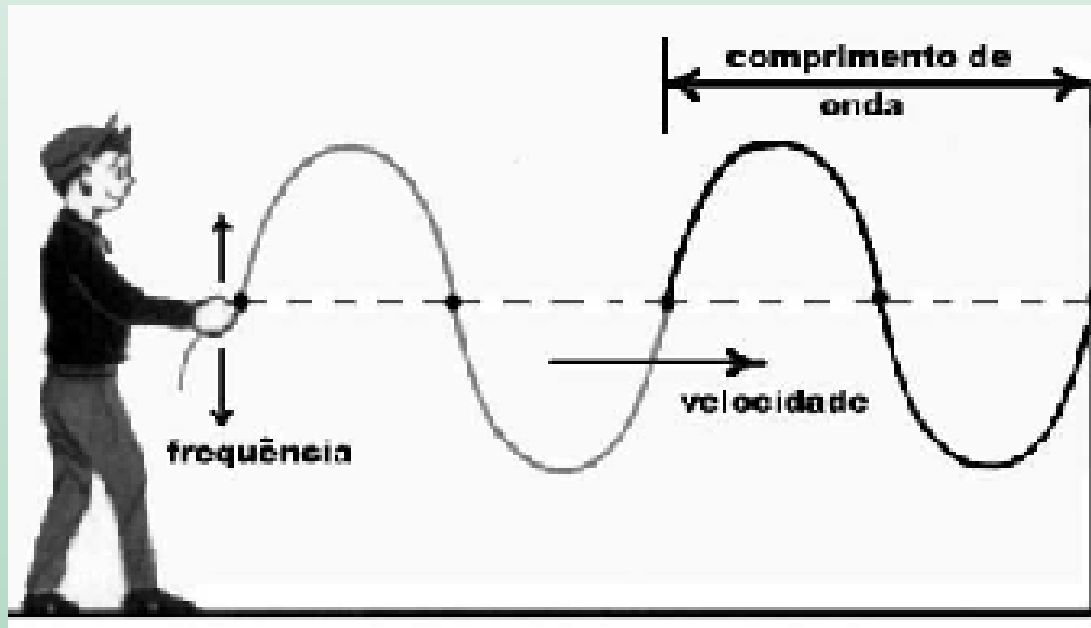
# Modelo Ondulatório

Ao agitar uma corda você transfere energia para ela e esta energia se propaga formando ondas ao longo da mesma.



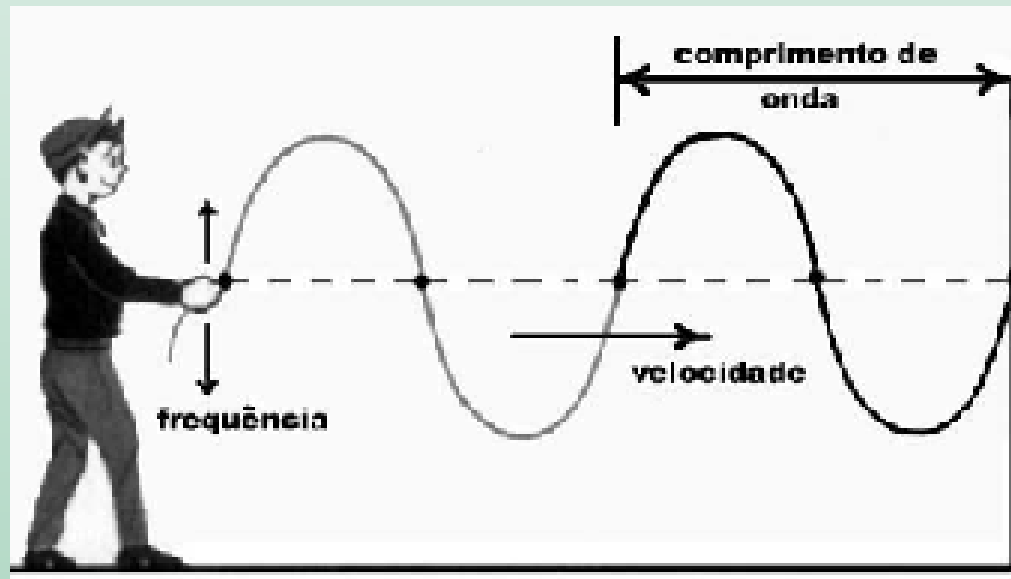
# Modelo Ondulatório

Se você observar com cuidado verá que as ondas que se formam tem uma geometria que se repete em ciclos de mesmo comprimento ao longo da corda.



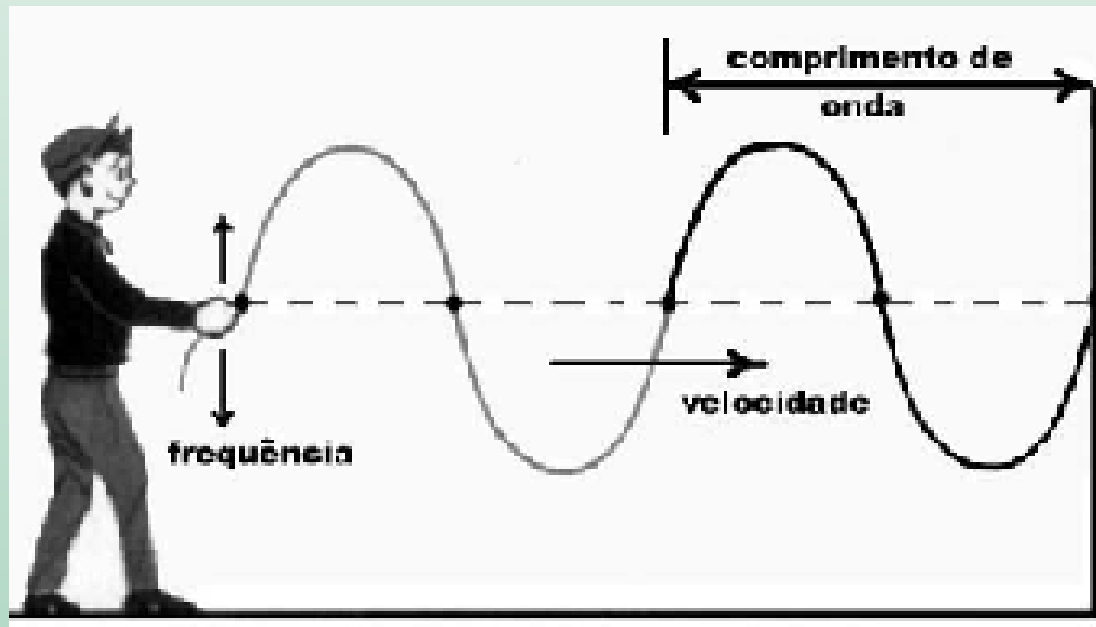
# Modelo Ondulatório

Esse comprimento de onda depende da frequência com que você agita a corda e também da velocidade com que as ondas podem se propagar através dela (numa corda fina as ondas se propagam mais rapidamente que numa grossa).



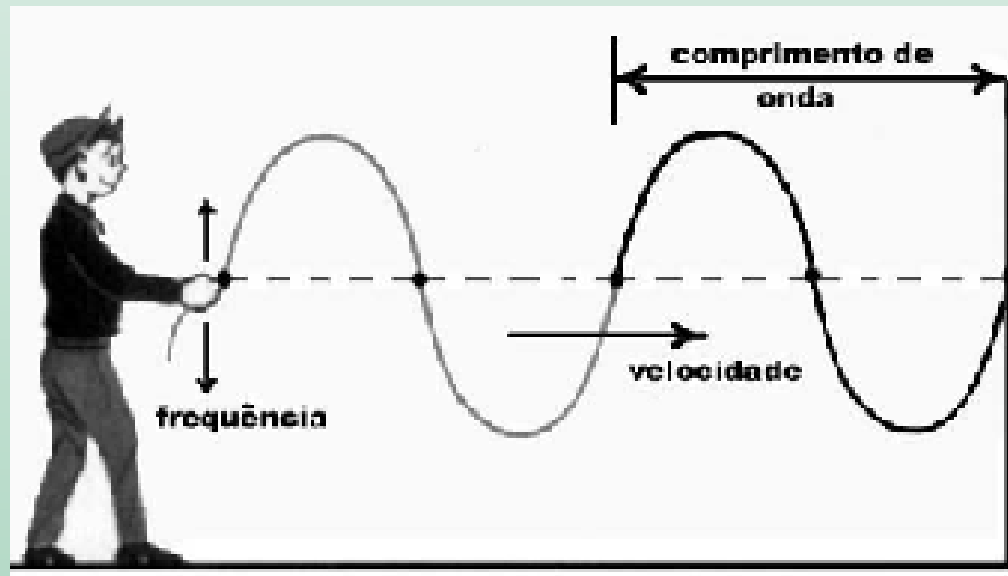
# Modelo Ondulatório

Desta forma, uma propagação ondulatória de energia pode ser caracterizada pelo **COMPRIMENTO** ou **FREQUÊNCIA** das ondas que se formam.



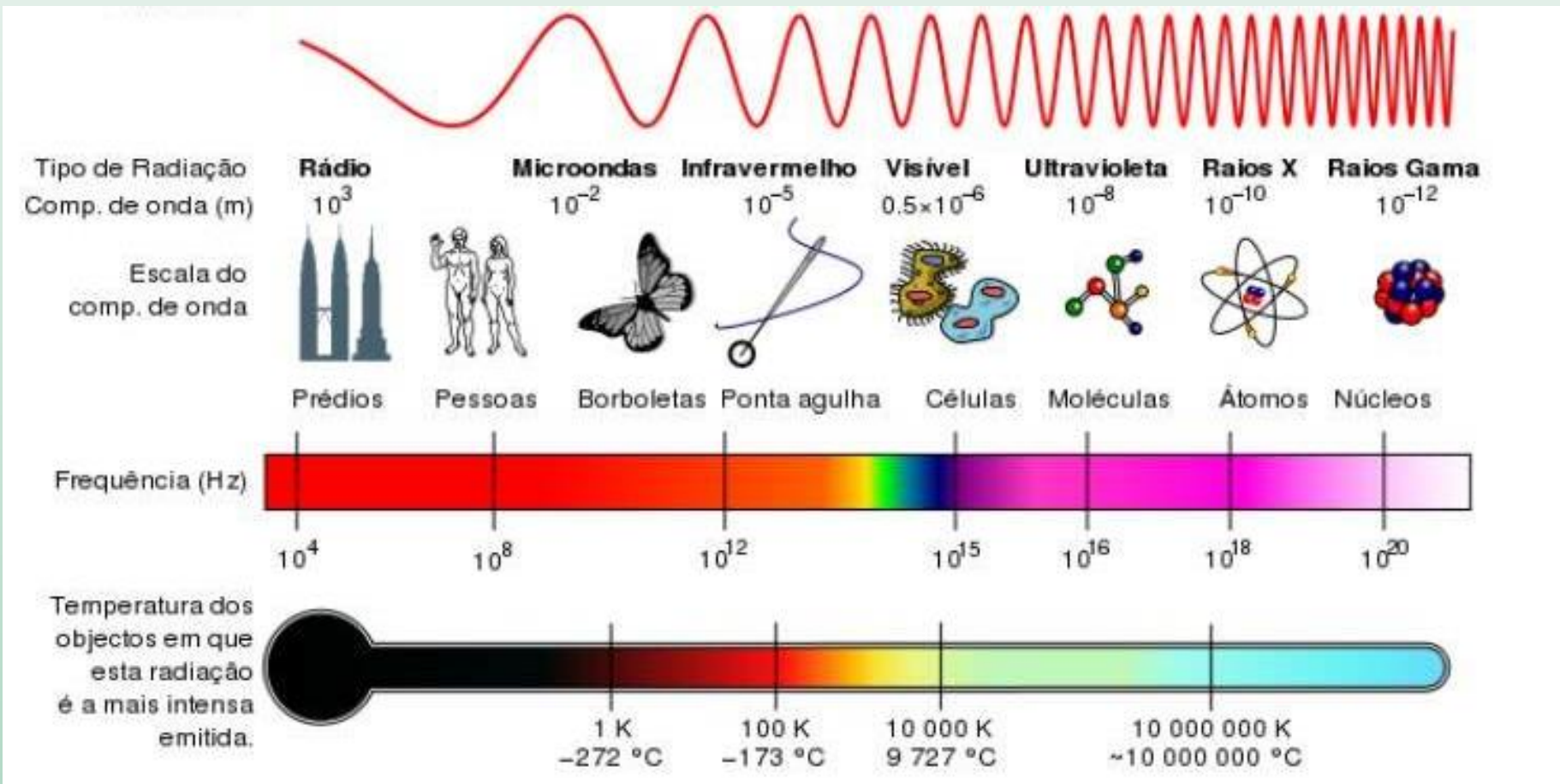
# Modelo Ondulatório

Para produzir ondas curtas você precisa agitar a corda com frequência mais alta, isto é, transferir mais rapidamente energia para a corda; por isso, as ondas de comprimento de onda curto transportam mais energia por segundo.

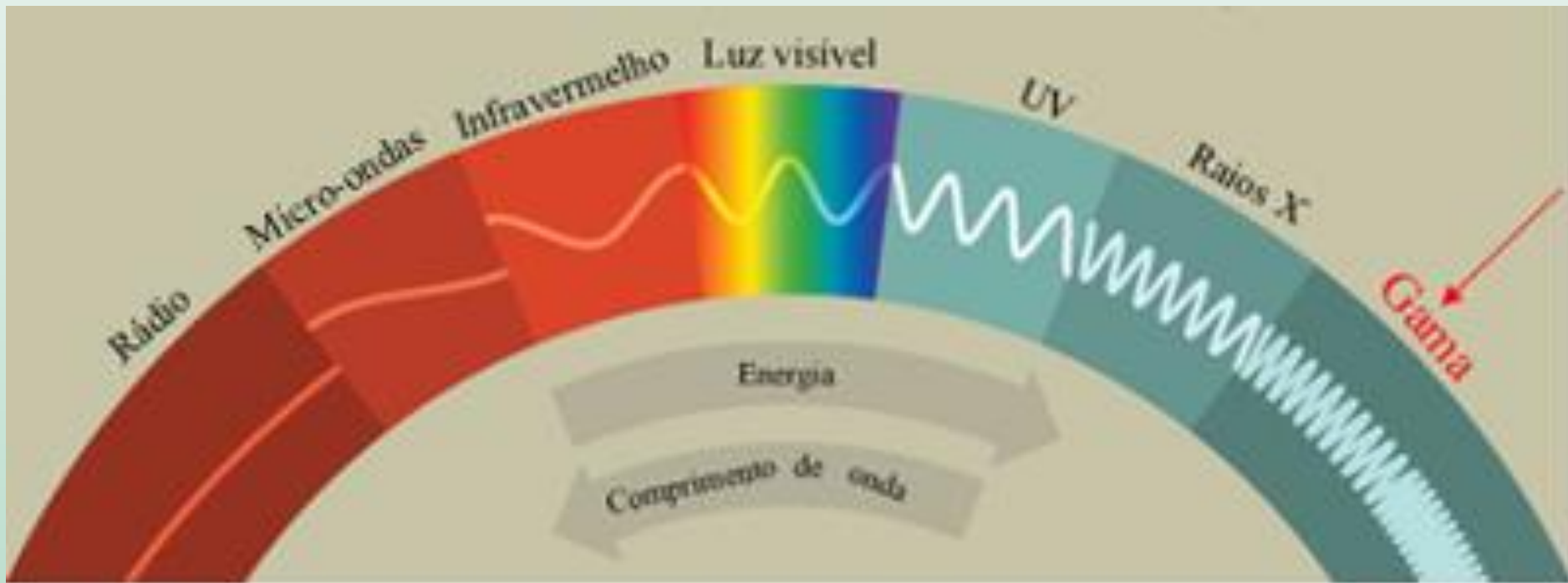




O **ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO** é a categorização em da radiação eletromagnética por comprimento de onda, desde os comprimentos de onda mais longos (rádio) até os mais curtos (raios gama).



# Espectro eletromagnético



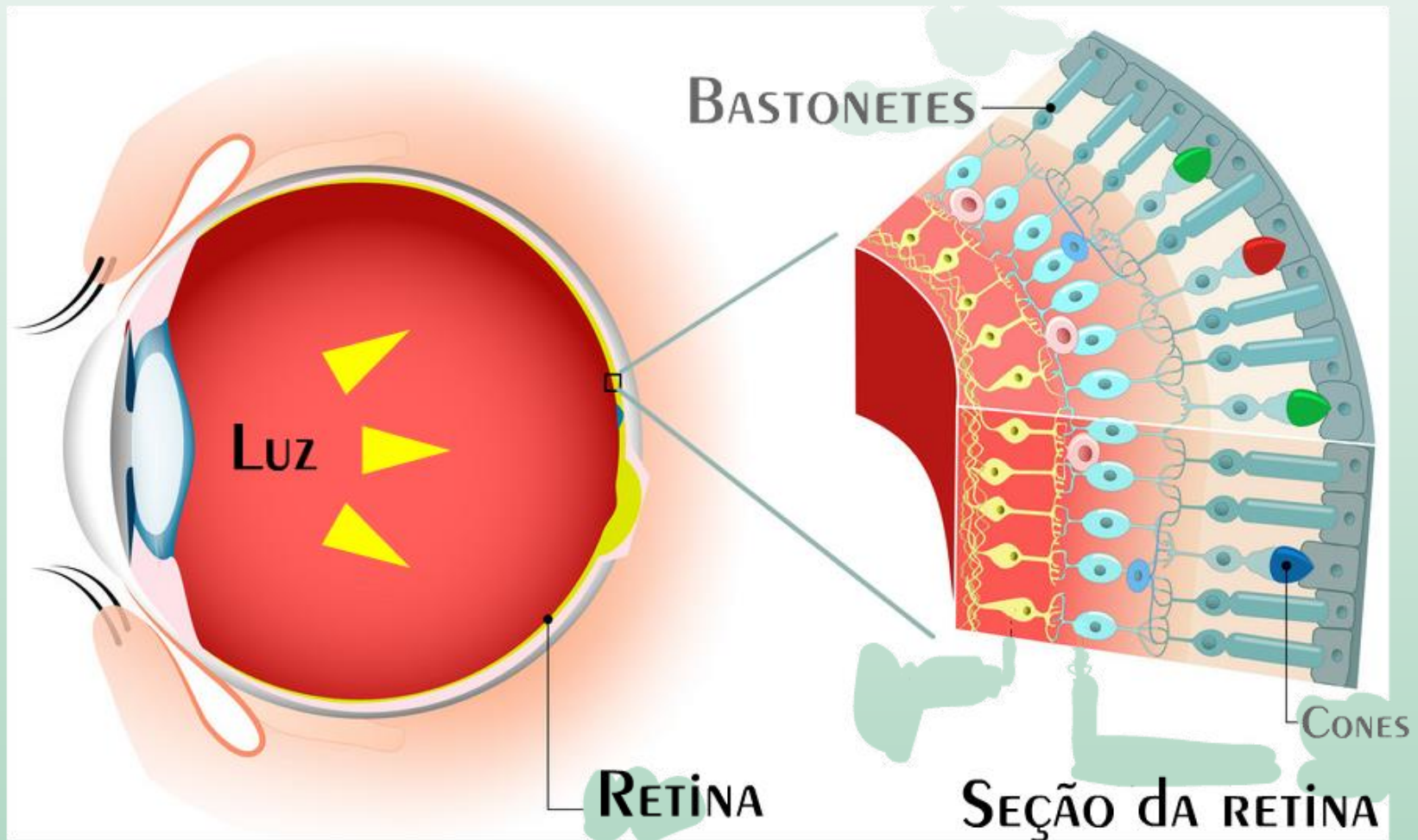
# Espectro eletromagnético

TABLE 1.5 Selected Prefixes Used in the Metric System

| Prefix | Abbreviation | Meaning    | Example   |
|--------|--------------|------------|---|
| Giga   | G            | $10^9$     | 1 gigameter (Gm) = $1 \times 10^9$ m                  |
| Mega   | M            | $10^6$     | 1 megameter (Mm) = $1 \times 10^6$ m                  |
| Kilo   | k            | $10^3$     | 1 kilometer (km) = $1 \times 10^3$ m                  |
| Deci   | d            | $10^{-1}$  | 1 decimeter (dm) = 0.1 m                              |
| Centi  | c            | $10^{-2}$  | 1 centimeter (cm) = 0.01 m                            |
| Milli  | m            | $10^{-3}$  | 1 millimeter (mm) = 0.001 m                           |
| Micro  | $\mu^a$      | $10^{-6}$  | 1 micrometer ( $\mu\text{m}$ ) = $1 \times 10^{-6}$ m |
| Nano   | n            | $10^{-9}$  | 1 nanometer (nm) = $1 \times 10^{-9}$ m               |
| Pico   | p            | $10^{-12}$ | 1 picometer (pm) = $1 \times 10^{-12}$ m              |
| Femto  | f            | $10^{-15}$ | 1 femtometer (fm) = $1 \times 10^{-15}$ m             |

<sup>a</sup>This is the Greek letter mu (pronounced "mew").

**Nossos olhos detectam toda a faixa visível desses comprimentos de onda, e nossos cérebros processam as informações em cores separadas.**

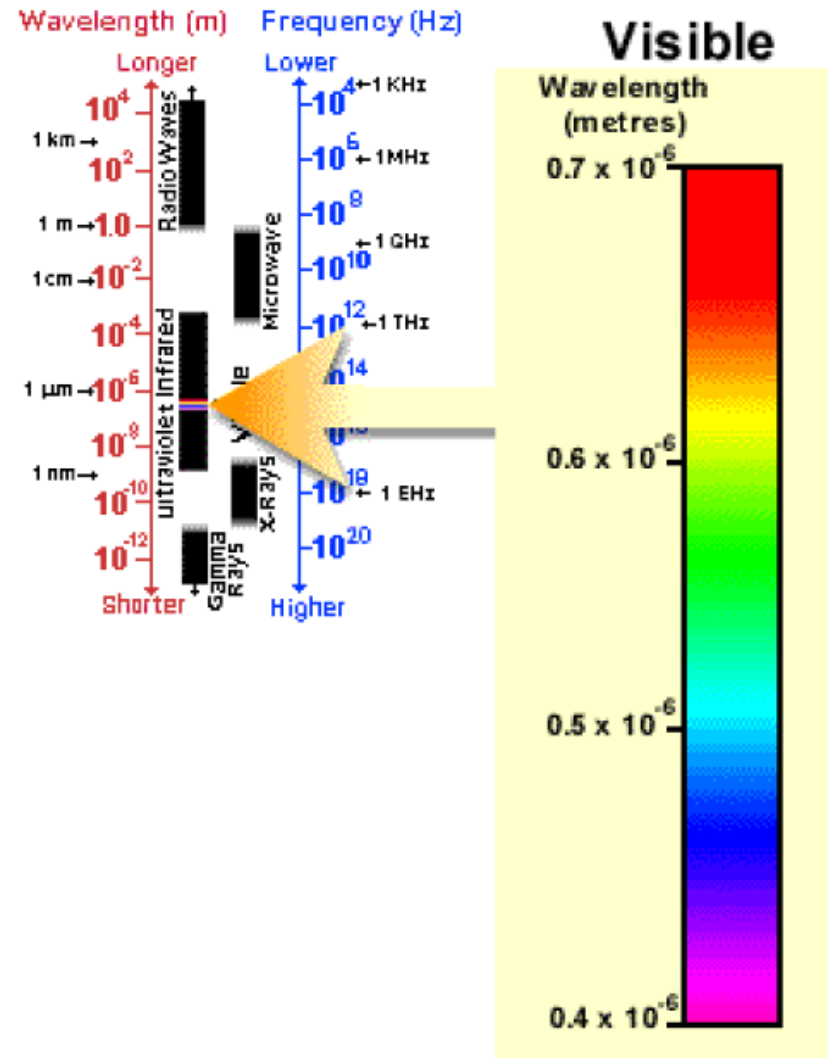


# Espectro eletromagnético

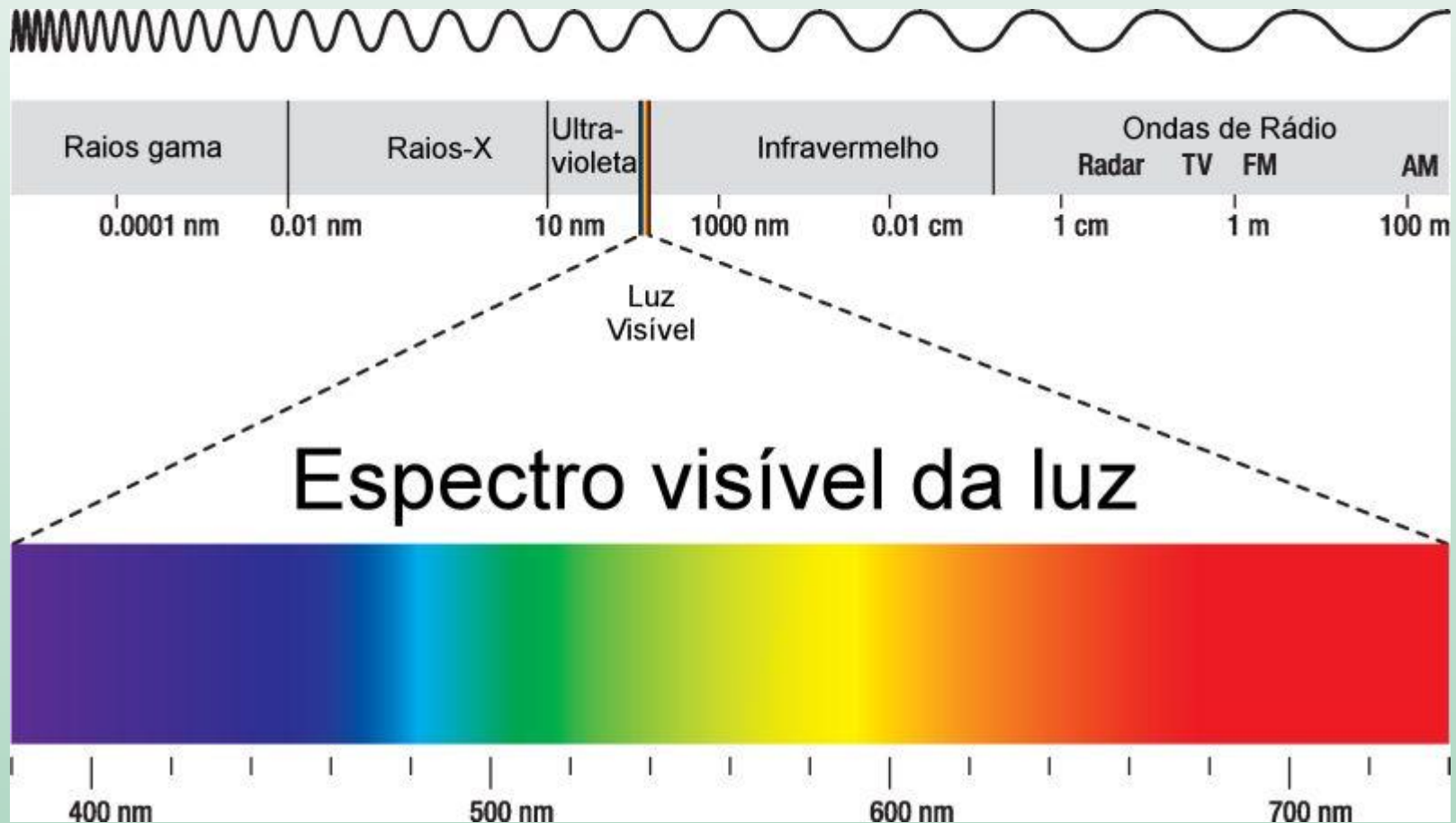
## FAIXA DO VISÍVEL (Cores)

Pequena faixa em relação a todo o espectro

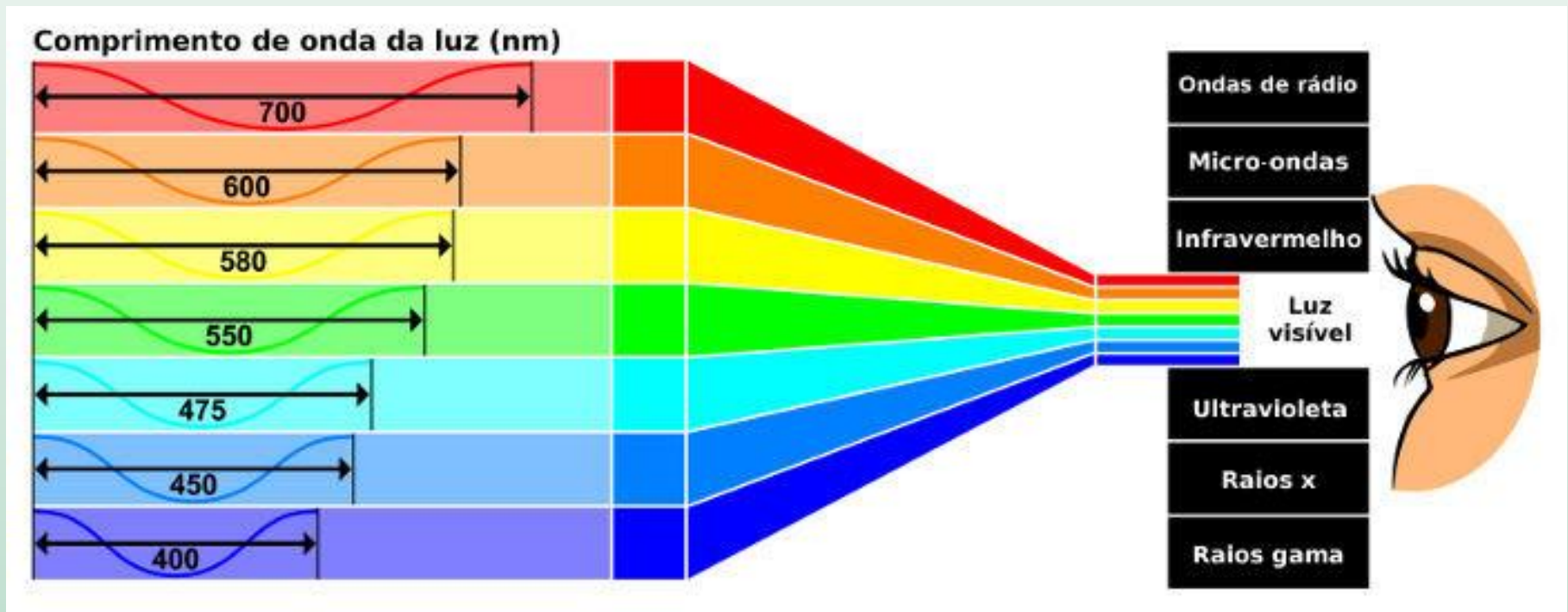
- **Violet:** 0.4 - 0.446  $\mu\text{m}$
- **Blue:** 0.446 - 0.500  $\mu\text{m}$
- **Green:** 0.500 - 0.578  $\mu\text{m}$
- **Yellow:** 0.578 - 0.592  $\mu\text{m}$
- **Orange:** 0.592 - 0.620  $\mu\text{m}$
- **Red:** 0.620 - 0.7  $\mu\text{m}$



**A luz visível, a luz que vemos apenas com os olhos, é uma parte muito pequena de todo o espectro de energia radiante do universo.**

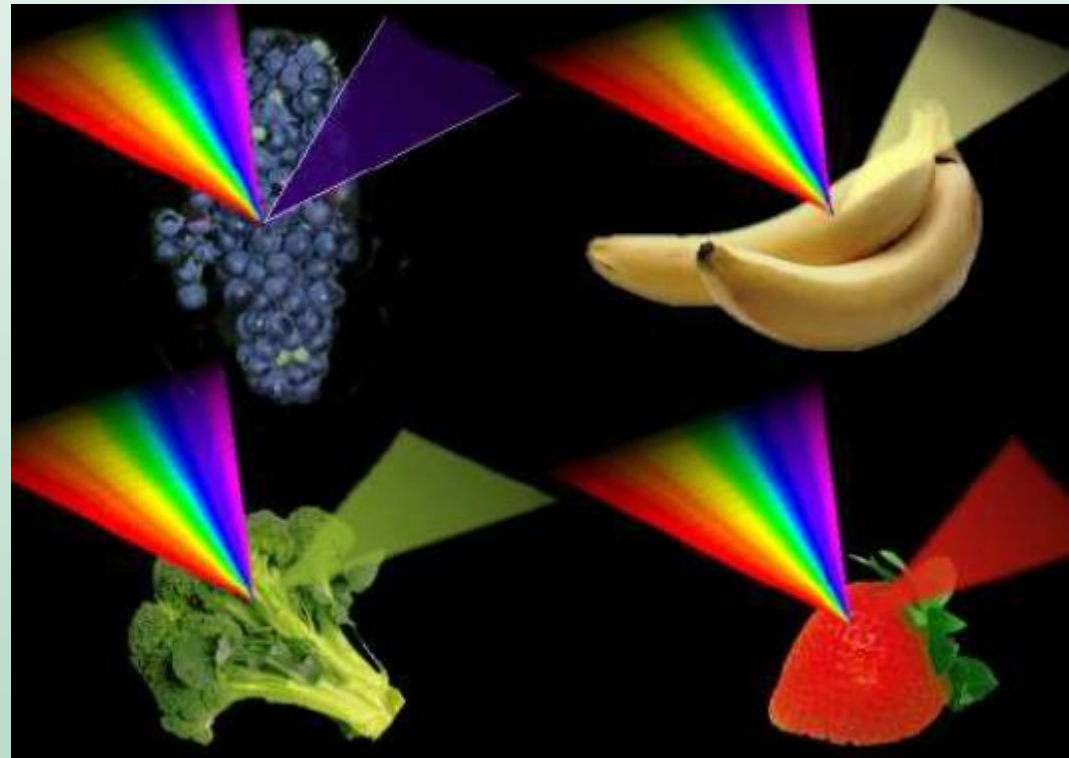


**As Cores têm diferentes comprimentos de onda.  
Vemos as cores diferentes por que elas têm  
diferentes comprimentos de onda**



**A cor VERMELHA tem o comprimento de onda mais longo,  
e a cor AZUL tem o comprimento de onda mais curto da  
luz visível.**

As cores de um objeto são dependentes dos comprimentos de onda que são refletidos por ele.





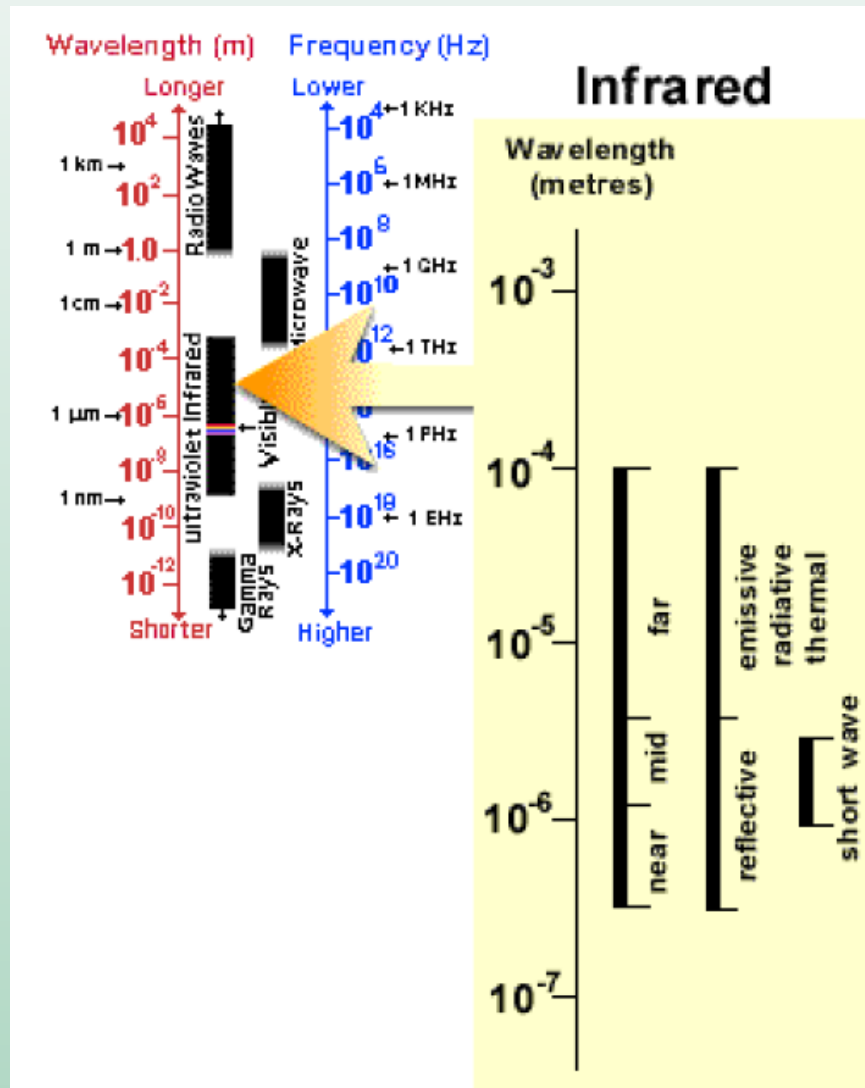
# Espectro eletromagnético

## INFRAVERMELHO

de  $0.7 \mu\text{m}$  a to  $100 \mu\text{m}$  - 100 vezes maior que a porção do visível

Duas categorias:

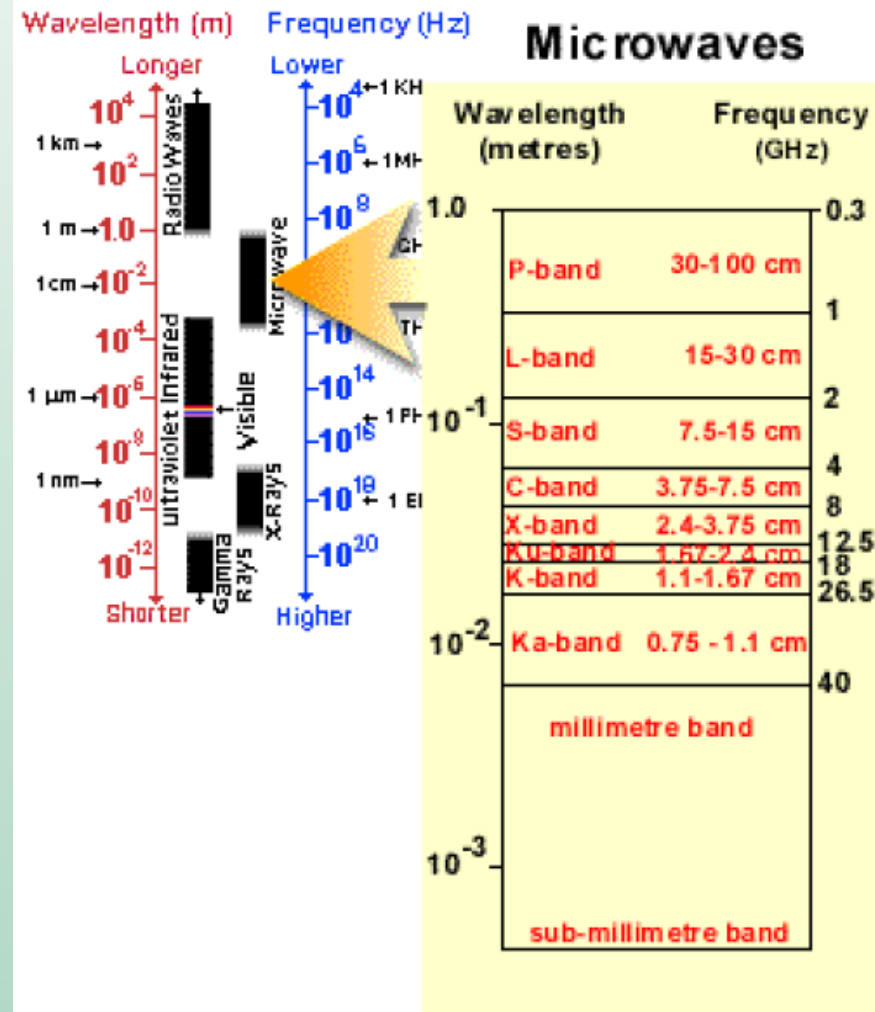
- Refletido  $\rightarrow$  de  $0.7$  a  $3.0 \mu\text{m}$
- Emitido  $\rightarrow$   $3.0$  a  $100 \mu\text{m}$  (radiação emitida pela Terra principalmente na forma de temperatura)



# Espectro eletromagnético

## MICROONDAS

- de 1 mm a 1 m;
- Cobre os maiores comprimentos de onda utilizados pelo SR;
- Os comprimentos de onda mais curtos têm propriedades similares ao termal;
- Os maiores comprimentos de onda são de ondas de rádio.



# Interações Energia-Matéria

## INTERAÇÃO COM OS OBJETOS

- Energia Incidente (I):

- **Absorção;**
- **Transmissão;**
- **Reflexão;**

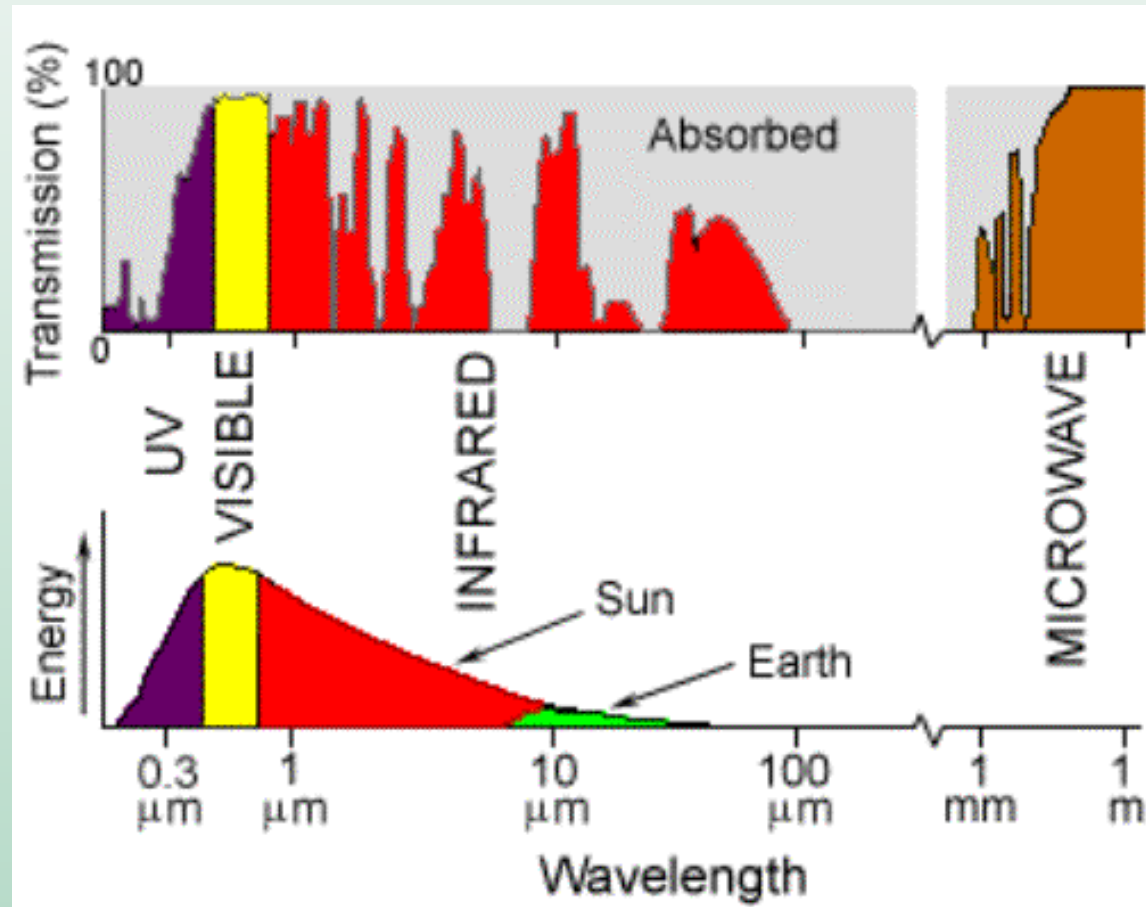


- A quantidade de energia de cada tipo de interação é determinada pelas propriedades físico químicas do alvo.

# Interações Energia-Matéria

## ABSORÇÃO

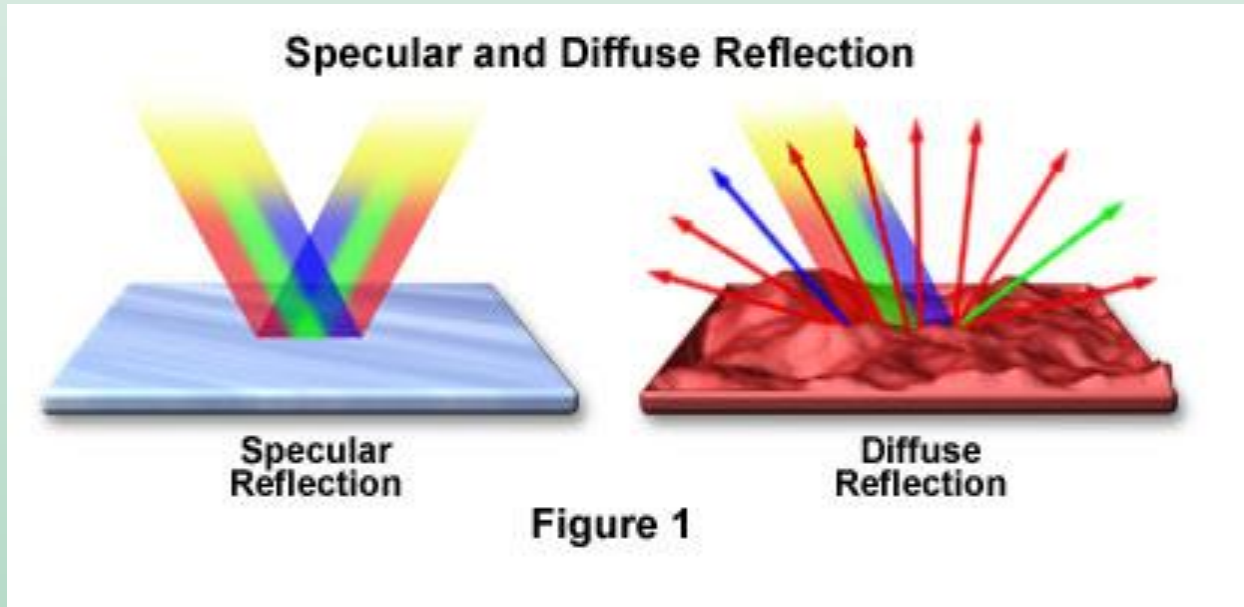
- É o processo pelo qual a energia radiante é absorvida e convertida em outras formas e energia.
- Banda de absorção → é um intervalo de comprimento de onda do espectro no qual a energia é absorvida por uma determinada substância.

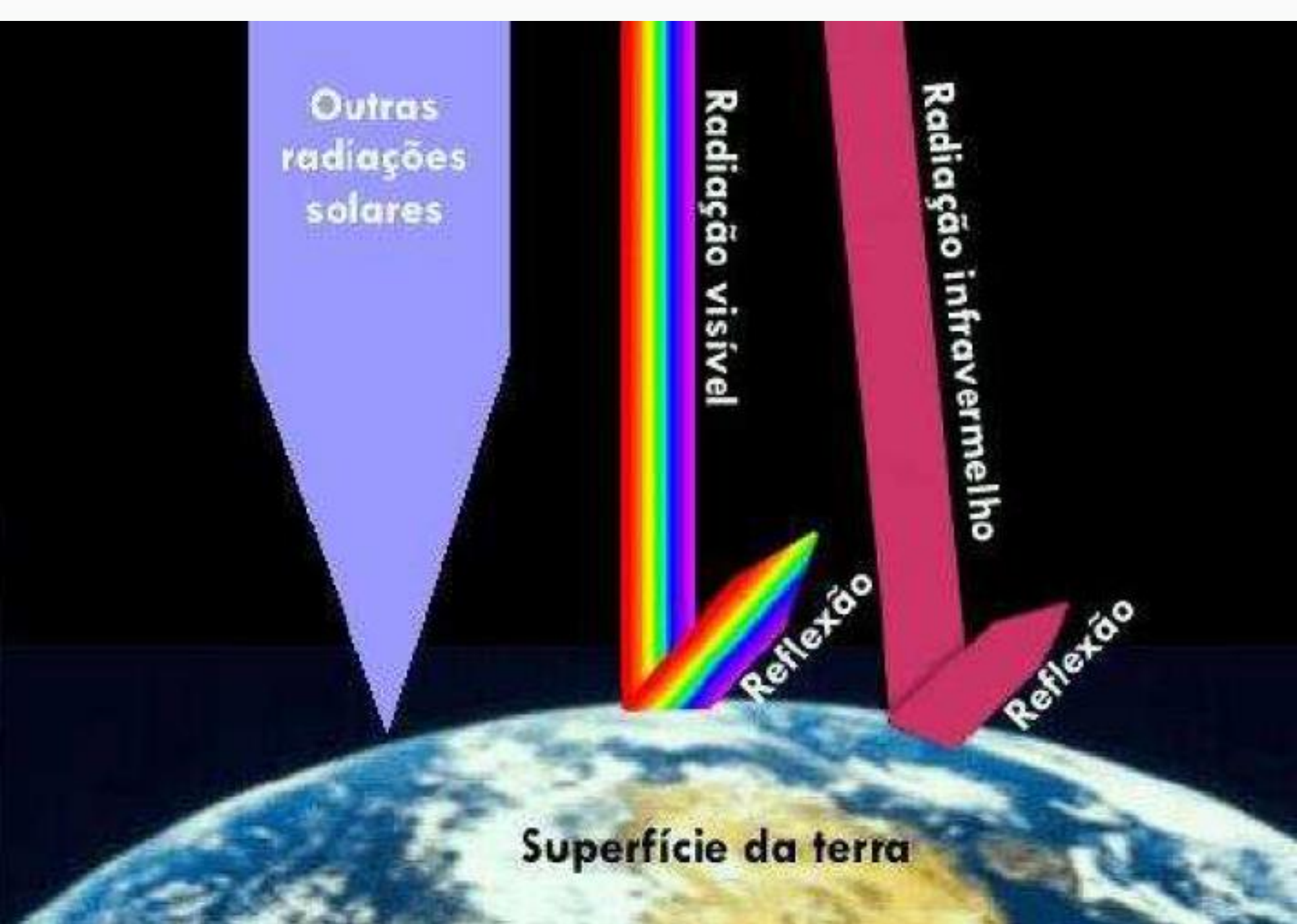


# Interações Energia-Matéria

## REFLEXÃO

- ESPECULAR → superfícies lisas
- DIFUSA → superfícies rugosas
- Tamanho dos  $\lambda$ s vs. variações na superfície



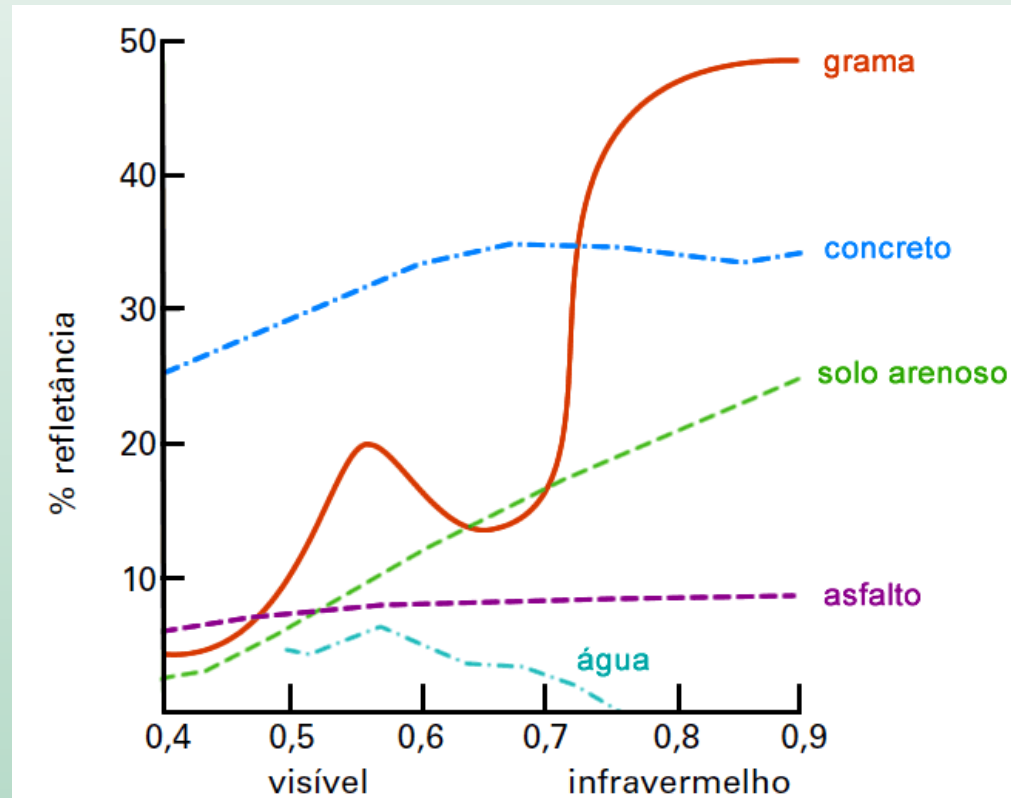


Superfície da terra

# Reflectância

- É a razão entre a quantidade de energia refletida e recebida por um superfície.
- É uma grandeza adimensional e que reflete algumas características do alvo estudado.
- É dependente do comprimento de onda.

## *Assinatura Espectral*

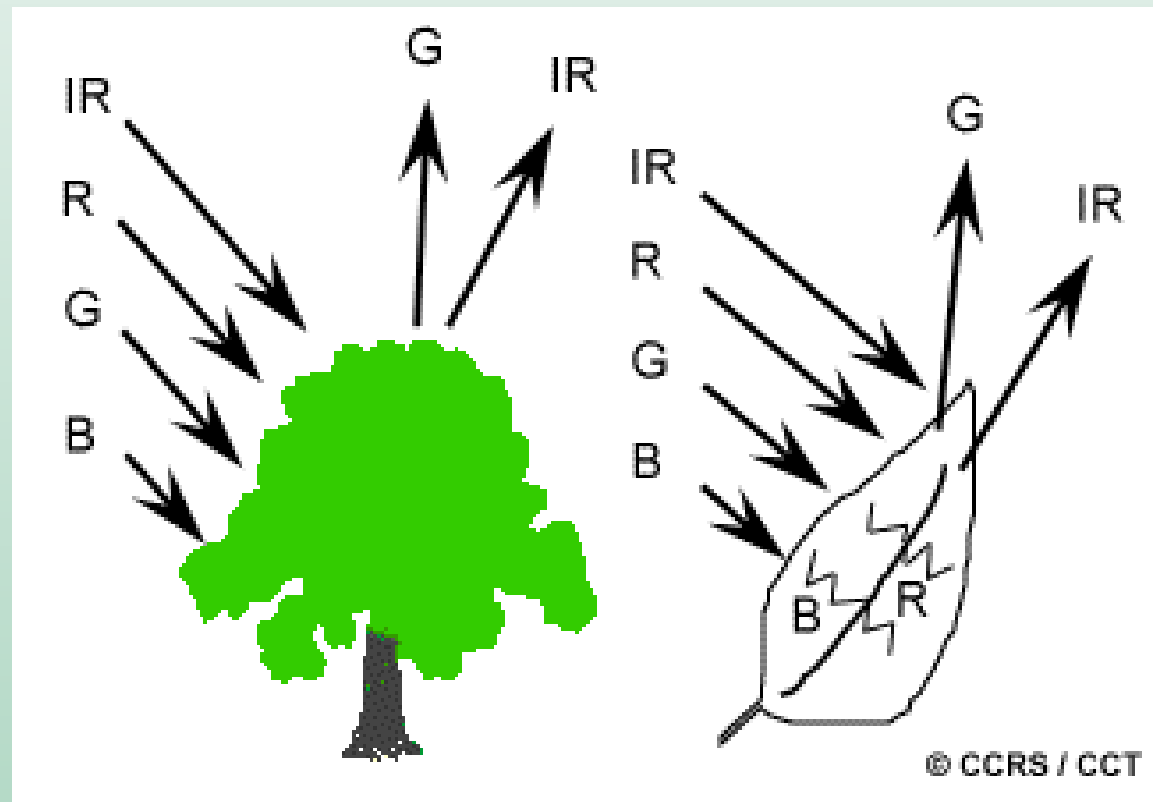


# Comportamento espectral

## FOLHAS

- A clorofila absorve energia no vermelho e reflete no verde;
- A estrutura interna de folhas sadia reflete bastante no infravermelho próximo.

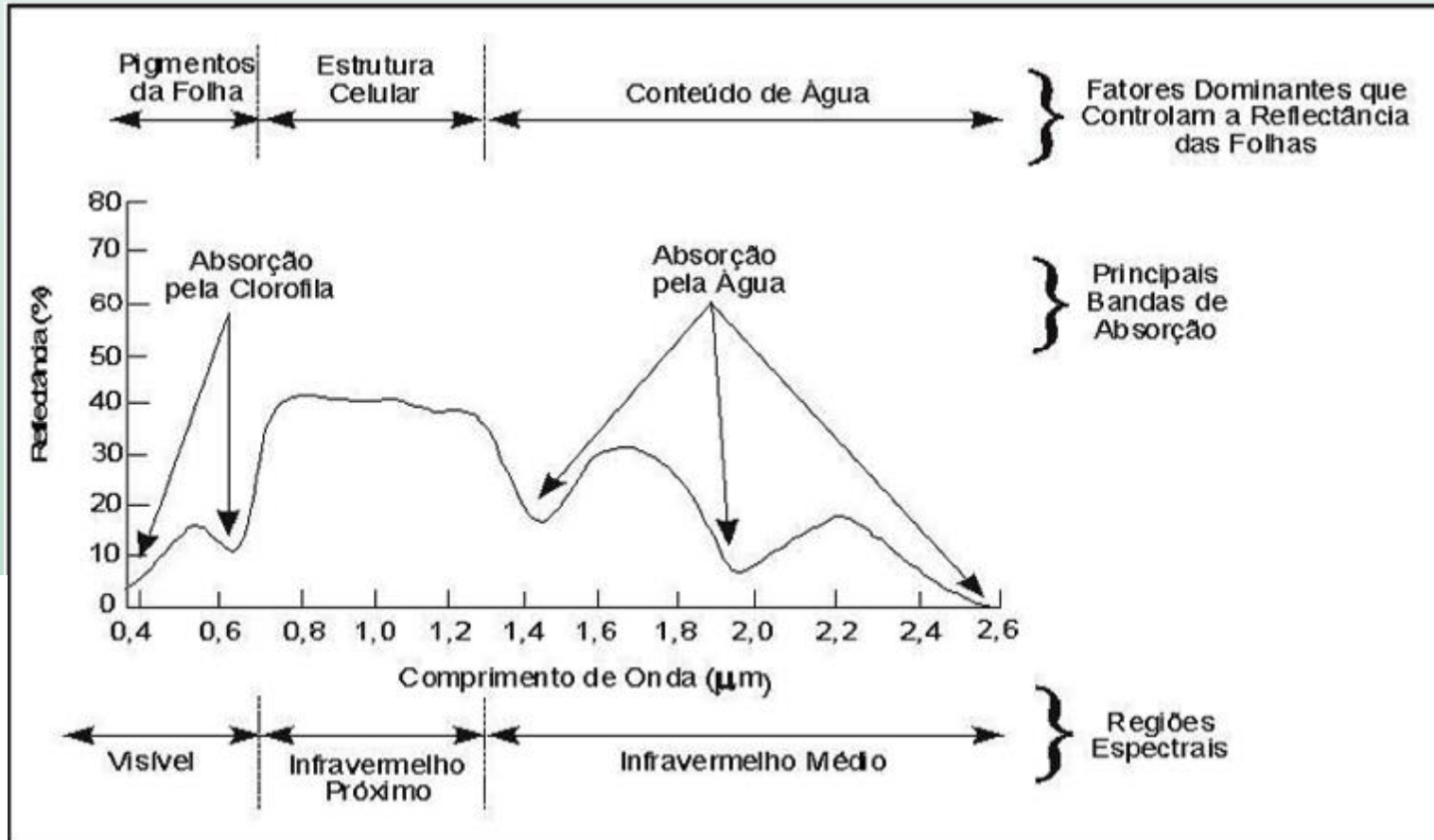
- **Violet:** 0.4 - 0.446  $\mu\text{m}$
- **Blue:** 0.446 - 0.500  $\mu\text{m}$
- **Green:** 0.500 - 0.578  $\mu\text{m}$
- **Yellow:** 0.578 - 0.592  $\mu\text{m}$
- **Orange:** 0.592 - 0.620  $\mu\text{m}$
- **Red:** 0.620 - 0.7  $\mu\text{m}$





# FOLHAS

- A clorofila absorve energia no vermelho e reflete no verde;
- A estrutura interna de folhas sadia reflete bastante no infravermelho próximo.



Violet: 0.4 - 0.446 μm  
Blue: 0.446 - 0.500 μm  
Green: 0.500 - 0.578 μm  
Yellow: 0.578 - 0.592 μm  
Orange: 0.592 - 0.620 μm  
Red: 0.620 - 0.7 μm

# Vegetação

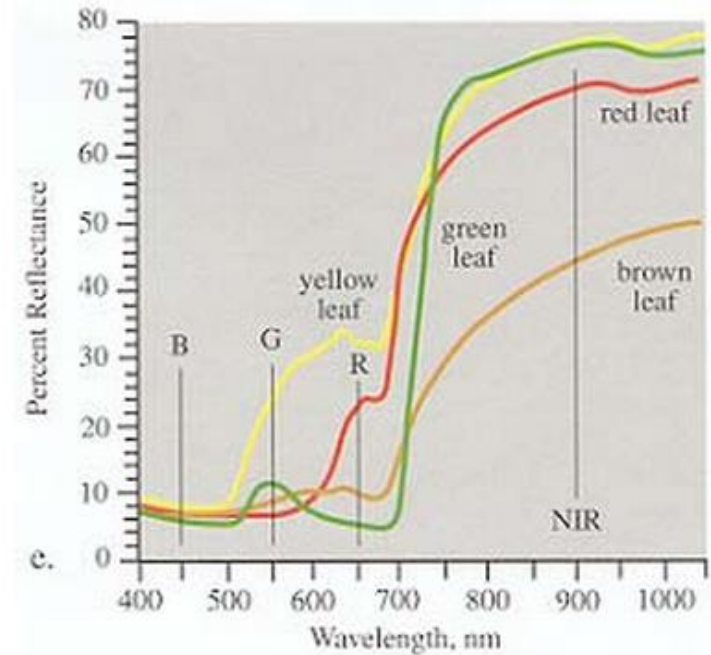
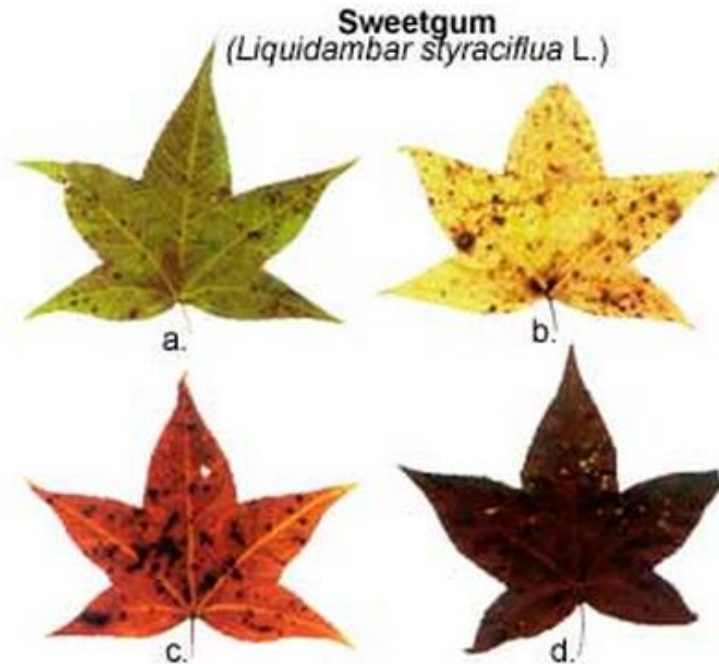
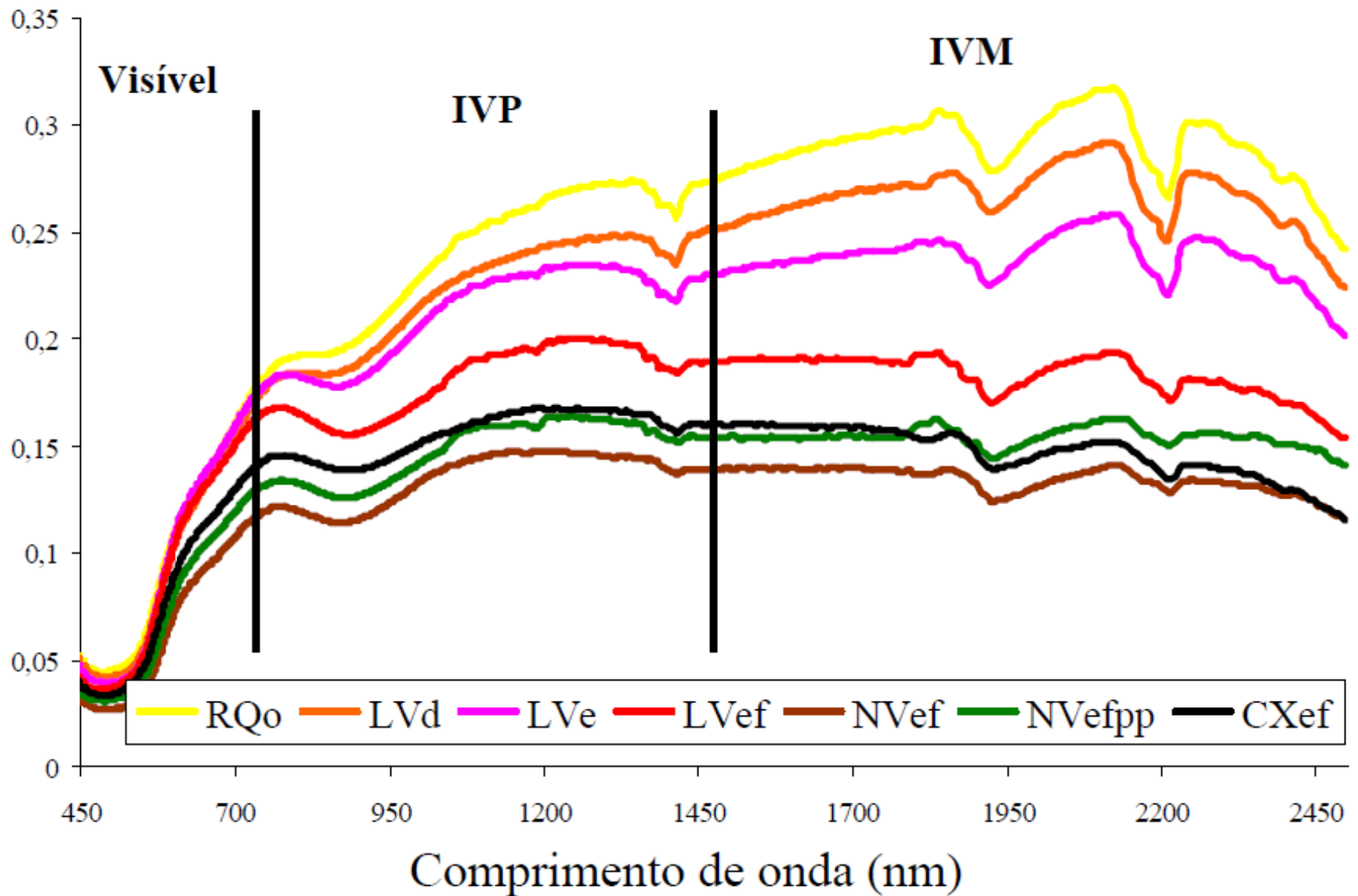


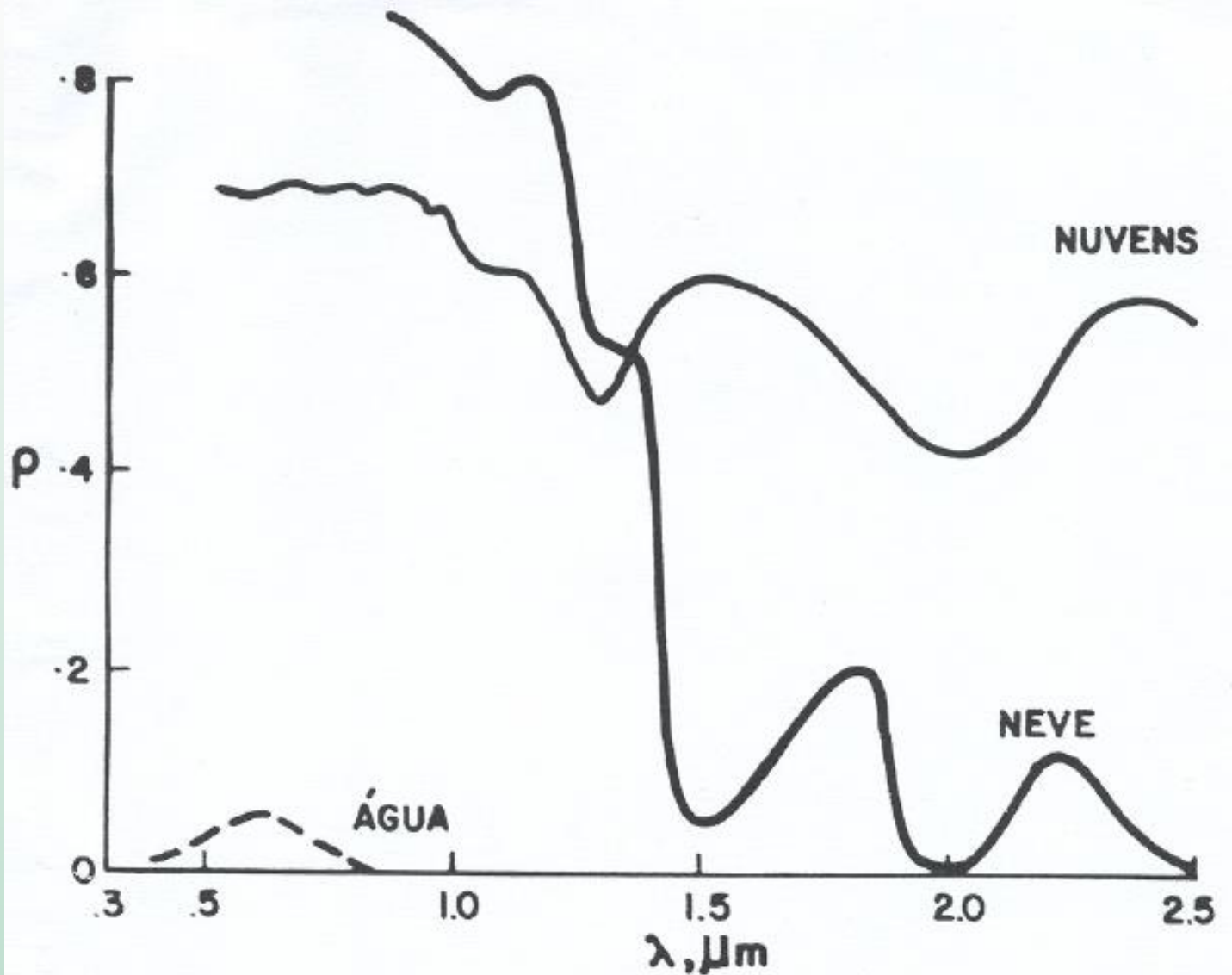
Figure 2. a) Healthy green Sweetgum leaf obtained from a tree on November 11, 1998. b-c) Senescing yellow and red Sweetgum leaves obtained from the tree. d) Senesced Sweetgum leaf that was on the ground. e) Reflectance measurements of the four leaves. (Jensen, John R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, New Jersey.)

# Solos

Fator de Reflectância



# Água



Comportamento espectral de água em seus diferentes estados físicos.

FONTE: Bowker et alii (1985).

# Água



# Rio Piracicaba



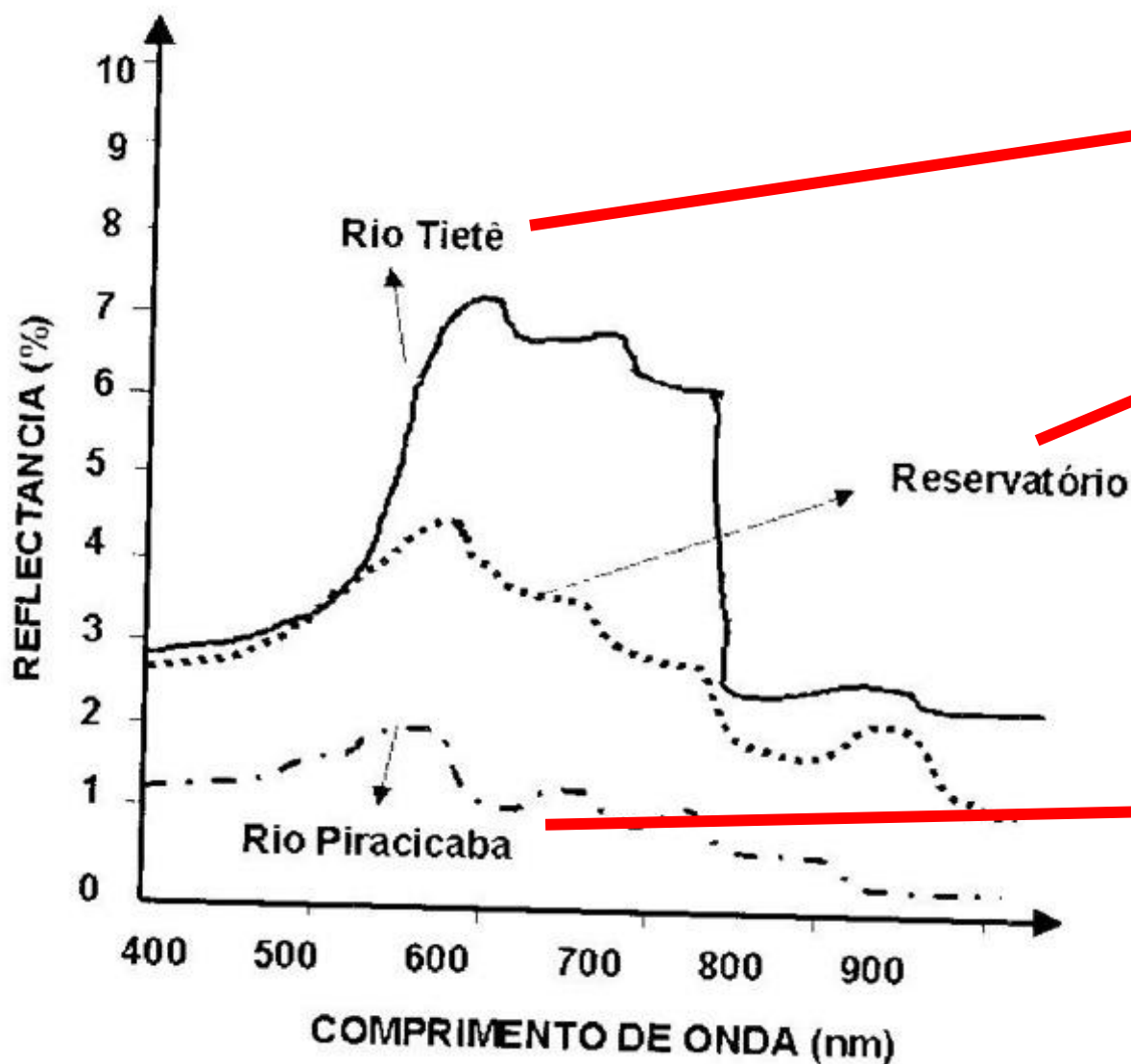
# Rio Tietê



# Reservatório de Barra Bonita



# Curvas de reflectância da água obtidas nos rios Tietê e Piracicaba e no reservatório de Barra Bonita, Estado de São Paulo



Elevada concentração de material inorgânico em suspensão, com acentuada reflectância na faixa do vermelho.

Água dos dois rios já misturadas, mostrando claramente a transição entre os dois espectros anteriores.

Elevada concentração de matéria orgânica na água.

# **Fundamentos do Sensoriamento Remoto**

## **Geração da Imagem**



# Níveis de Aquisição de dados de sensoriamento remoto



# Níveis de Aquisição de dados de sensoriamento remoto



# Níveis de Aquisição de dados de sensoriamento remoto **IMAGENS**



# Lembrando que: SENSORES

Qualquer equipamento capaz de transformar alguma forma de **ENERGIA** em um sinal elétrico passível de ser convertido sobre informação sobre o ambiente.

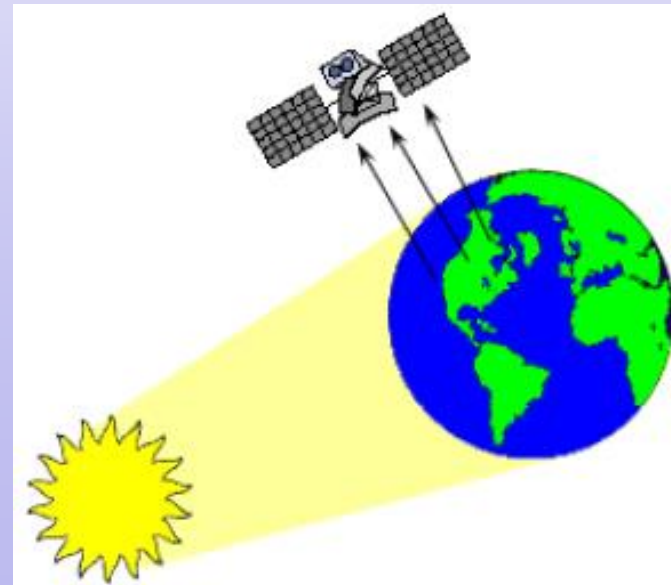
Satélites, ônibus espaciais, aviões e drones, são **plataformas de aquisição**, ou seja, **veículos que carregam os instrumentos sensores.**

# Sensores: Fonte de Energia

Quanto à fonte de energia:

**1. Sensores Passivos:** Coleta radiação refletiva ou emitida pelos objetos da superfície. Depende das condições atmosféricas, pois áreas com nuvens não serão imageadas adequadamente.

Ex: Câmera Fotográfica, Sensores óticos e termiais a bordo de Satélites.

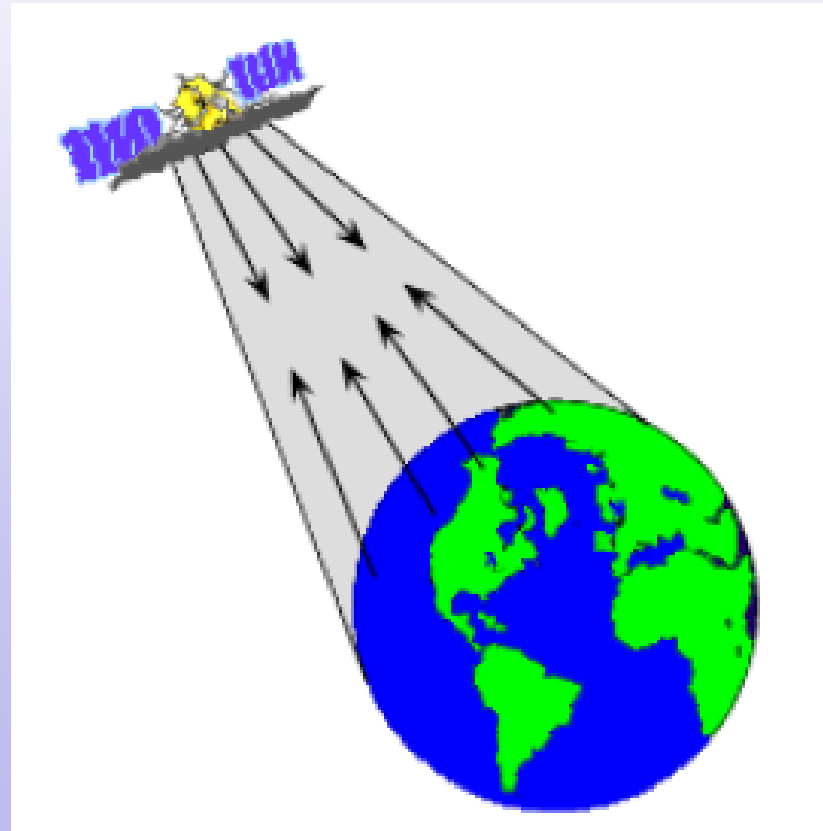


# Sensores: Fonte de Energia

Quanto à fonte de energia:

**2. Sensores Ativos:** Possuem própria fonte de radiação, a qual incide em um alvo, captando em seguida o seu reflexo.

Ex.: Radar e Laser



# Sensores: Órbita

Caminho seguido por um satélite é chamado de sua órbita

Satélites são projetados em órbitas específicas para atender às características e objetivos do(s) sensor(es) que eles levam.

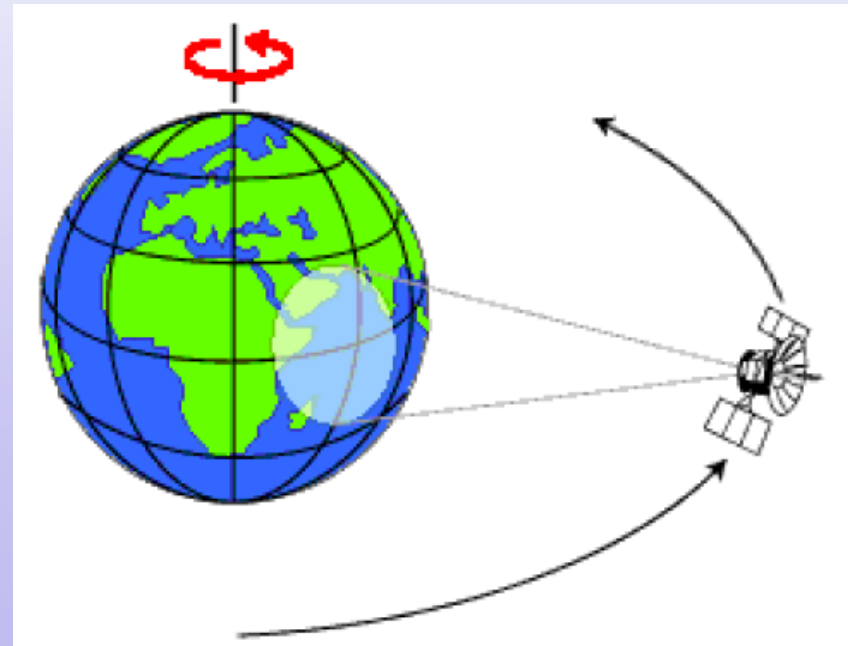
# Sensores: Órbita

## Órbita Geossíncrona

aproximadamente a 36.000 km de altura.

Nesta distância o satélite demora 24h para dar uma volta completa no planeta. Sabendo que a Terra demora 24h para dar uma volta sobre o seu eixo (rotação), podemos observar que o satélite e a Terra se movem juntos.

**Geoestacionária** → caso particular quando a órbita é no plano do Equador.



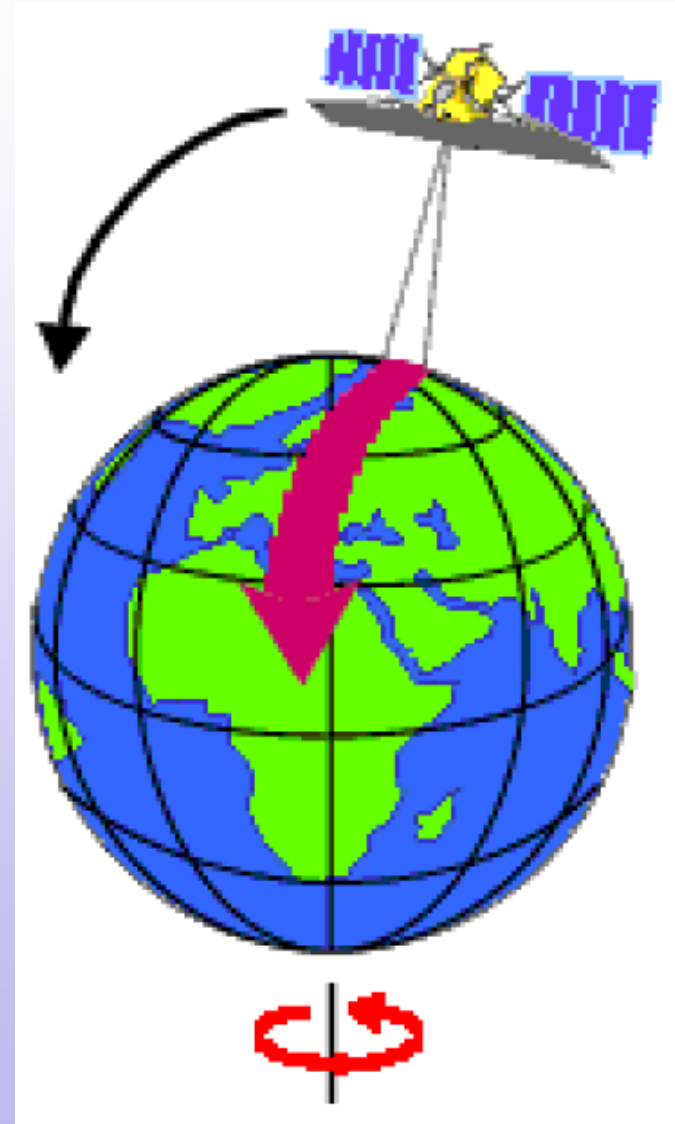


# Sensores: Órbita

## Órbitas Polares

Muito usadas para a observação da superfície de nosso planeta.

Como a órbita do planeta tem direção Norte-Sul e a Terra gira da direção Leste-Oeste, isto resulta que um satélite em órbita polar pode eventualmente “varrer” a superfície inteira da Terra.



# Quantos e quais são os satélites em órbita?

- ✓ 4.550 satélites que orbitam a Terra;
- ✓ mais da metade são usados para fins de comunicação;
- ✓ desde setembro de 2021, é a empresa SpaceX que está na liderança com seu programa de satélites Starlink, sendo 36% dos objetos artificiais em órbita vindos dela, ou seja, mais de **um terço do total**;

# Quantos e quais são os satélites em órbita?

- ✓ Elon Musk é dono da empresa SpaceX e tem o objetivo de fornecer acesso à Internet de banda larga de alta velocidade por meio de seu novo empreendimento **Starlink**.
- ✓ Os EUA têm 2.804 no total que compõem mais da metade da quantidade de satélites artificiais em órbita. Já em segundo lugar, vem **a China** com 467; em terceiro, o **Reino Unido** com 349; em quarto, a **Rússia** com 168, e em quinto, o **Japão** com 93 satélites. Nessa lista, **o Brasil** atualmente ocupa o **16º** lugar com **16 satélites** em órbita.

# EVERY SATELLITE ORBITING EARTH

## AND WHO OWNS THEM



Earth has  
**4,550**  
satellites in orbit  
*(as of 9/1/21)*

**139**  
● Medium Earth orbit (MEO)  
*Satellites in this orbit are used for navigation systems.*

**3,790**  
● Low Earth orbit (LEO)  
*Satellites here are used for communications and remote sensing satellite systems. The International Space Station and Hubble Space Telescope are also in this orbit.*

**565**  
● Geosynchronous orbit (GSO) & geostationary orbit (GEO)  
*Satellites in this orbit are used for telecommunications and Earth Observation*

**56**  
● Highly elliptical orbit (HEO)  
*Satellites in this orbit are used for communications, satellite radio, remote sensing, and other applications.*

### THE 50 OPERATOR/OWNERS

of the Most Satellites Orbiting Earth

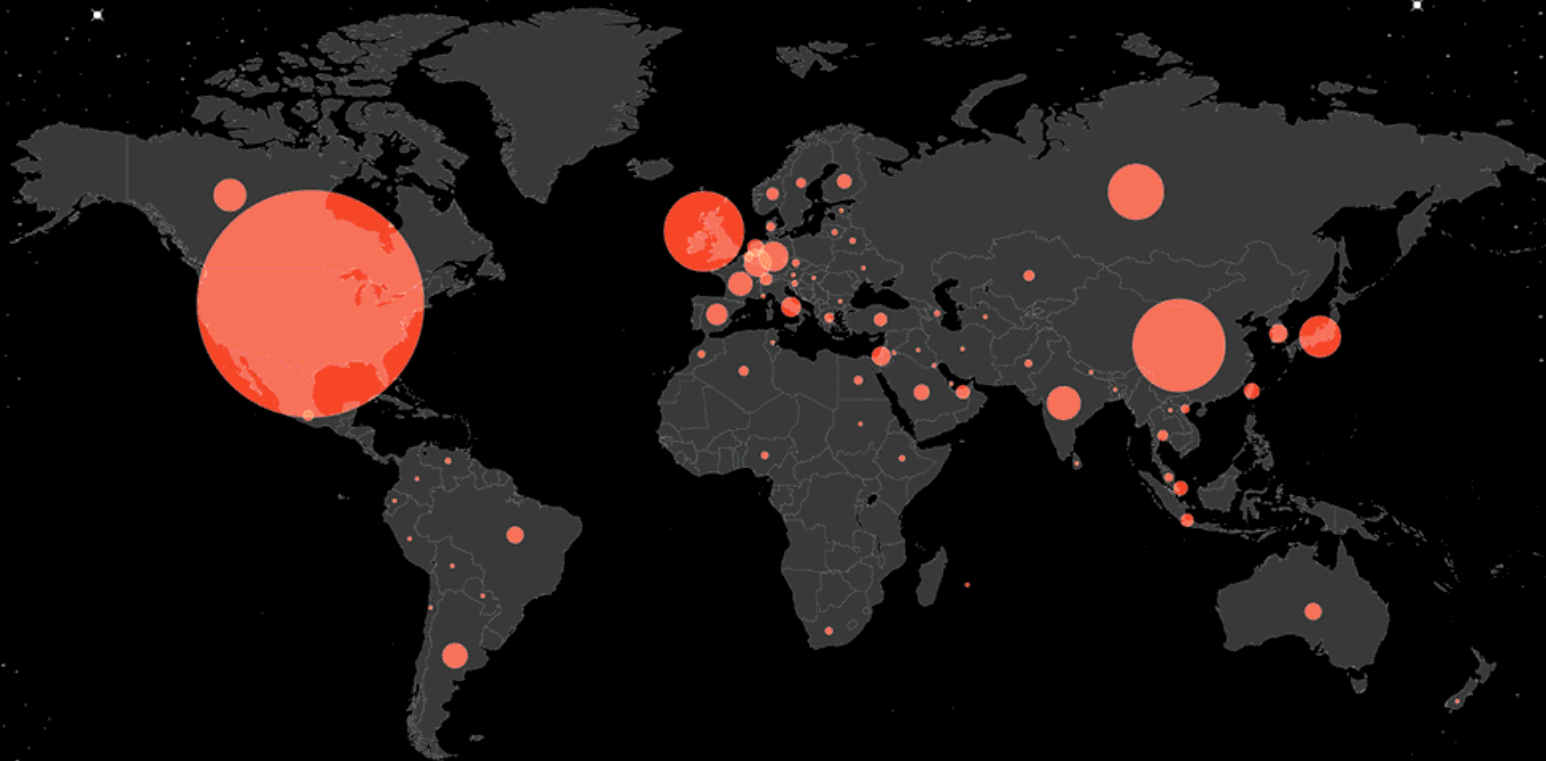
| USERS |            |
|-------|------------|
|       | Commercial |
|       | Military   |
|       | Government |
|       | Civil      |

|  |                   |
|--|-------------------|
|  | Communications    |
|  | Earth Observation |
|  | Space Observation |

|  |                        |
|--|------------------------|
|  | Earth Science          |
|  | Space Science          |
|  | Technology Development |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
|  | Technology Demonstration      |
|  | Navigation/Global Positioning |
|  | Unknown                       |

# THE COUNTRIES WITH THE MOST SATELLITES



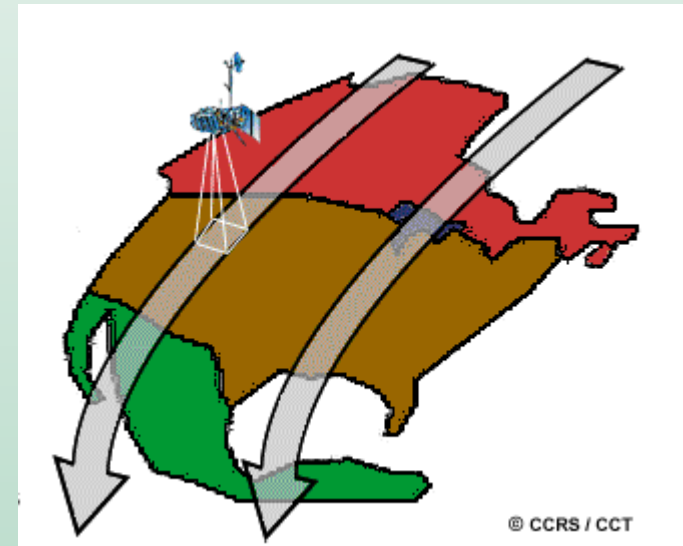
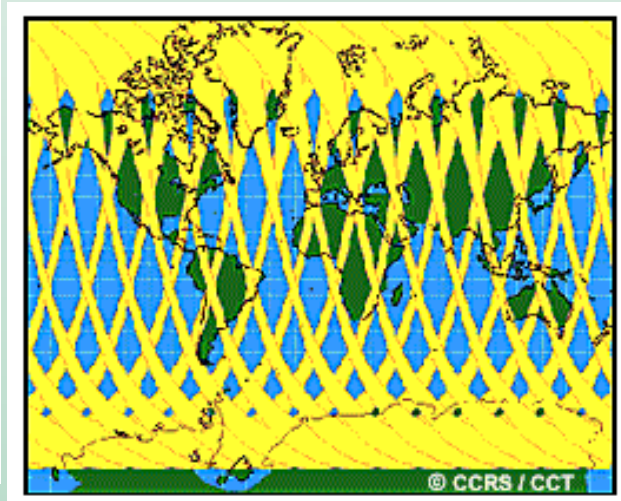
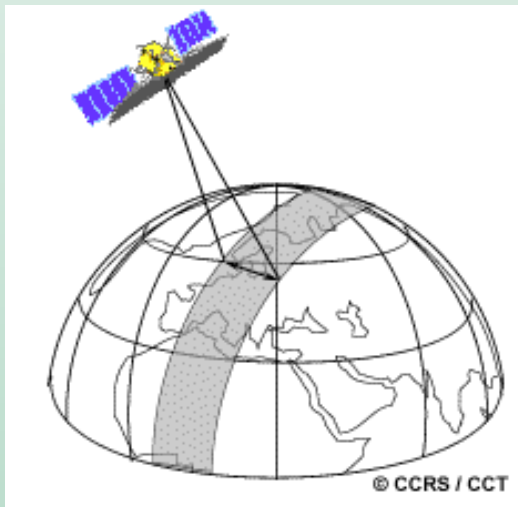
Total Number of Satellites

|    |                |       |    |                      |    |  |  |
|----|----------------|-------|----|----------------------|----|--|--|
| 1  | USA            | 2,804 | 16 | Brazil               | 16 | Countries With <b>5 Satellites</b> : Algeria, Belgium, Greece, and Sweden  |  |
| 2  | China          | 467   | 16 | Netherlands          | 16 |  |  |
| 3  | United Kingdom | 349   | 18 | Finland              | 15 |  | Countries With <b>4 Satellites</b> : Denmark, Egypt, Malaysia, and Vietnam |
| 4  | Russia         | 168   | 19 | Australia            | 14 |  |  |
| 5  | Japan          | 93    | 20 | Saudi Arabia         | 13 | Countries With <b>3 Satellites</b> : Czechia, Morocco, Nigeria, Pakistan, and South Africa   |  |
| 6  | India          | 61    | 20 | Taiwan               | 13 |  |  |
| 7  | Canada         | 57    | 20 | United Arab Emirates | 13 |  |  |
| 8  | Germany        | 47    | 20 | Switzerland          | 13 | Countries With <b>2 Satellites</b> : Azerbaijan, Belarus, Ethiopia, Lithuania, Slovenia, and Venezuela   |  |
| 9  | Luxembourg     | 40    | 24 | Singapore            | 11 |  |  |
| 10 | Argentina      | 34    | 25 | Turkey               | 9  |  |  |
| 11 | France         | 31    | 26 | Indonesia            | 8  | Countries With <b>1 Satellite</b> : Austria, Bangladesh, Bolivia, Bulgaria, Chile, Colombia, Ecuador, Estonia, Hungary, Iran, Iraq, Jordan, Kuwait, Laos, Mauritius, Monaco, Nepal, New Zealand, Paraguay, Peru, Qatar, Sri Lanka, Sudan, Tunisia, Turkmenistan, and Ukraine |  |
| 12 | Spain          | 24    | 26 | Norway               | 8  |  |  |
| 13 | Italy          | 21    | 26 | Mexico               | 8  |  |  |
| 14 | Israel         | 19    | 29 | Thailand             | 7  |  |  |
| 15 | South Korea    | 18    | 30 | Kazakhstan           | 6  |  |  |

# Satélites

FOV (field of view), afeta:

- **LARGURA DA IMAGEM (Swath)**
- Sobreposição em altas latitudes (órbitas polares e quase polares)



Fonte: A Canada Centre for Remote Sensing Remote Sensing Tutorial; Florenzano, 2002

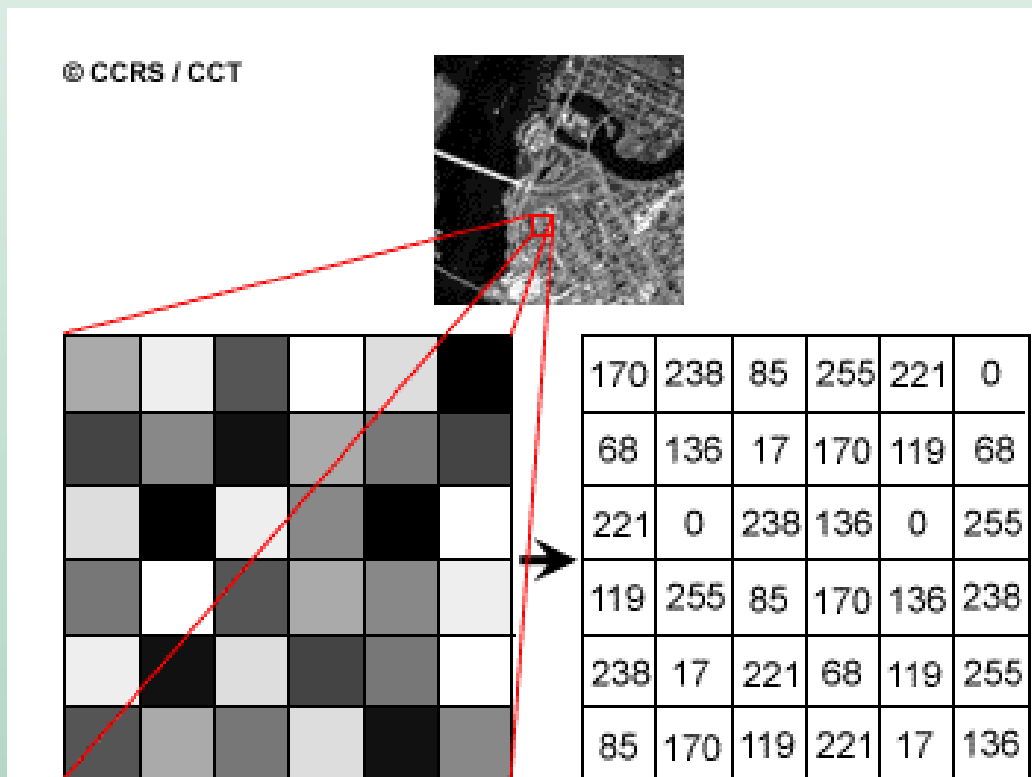
Videos: <https://www.youtube.com/watch?v=P-lbujsVa2M>  
<https://www.youtube.com/watch?v=XY5wHSTqlyU>

# Geração da Imagem

## Características das imagens

Energia captada → sinal elétrico → discretizado em números digitais (ND).

pixel



# Geração da Imagem

Bandas → Faixa do espectro detectada pelo sensor

Composição colorida → As cores primárias RGB são associadas as bandas;

Depende da interação do alvo com a energia eletromagnética em cada intervalo de banda.

Um mesmo alvo assume cores diferentes em composições distintas.



# Bandas

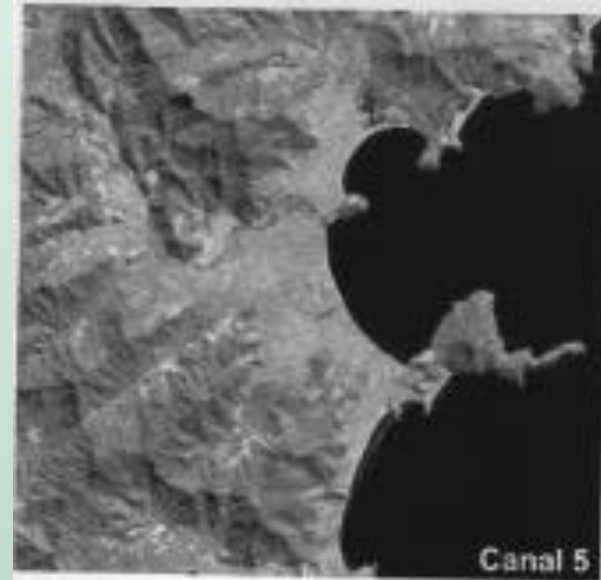
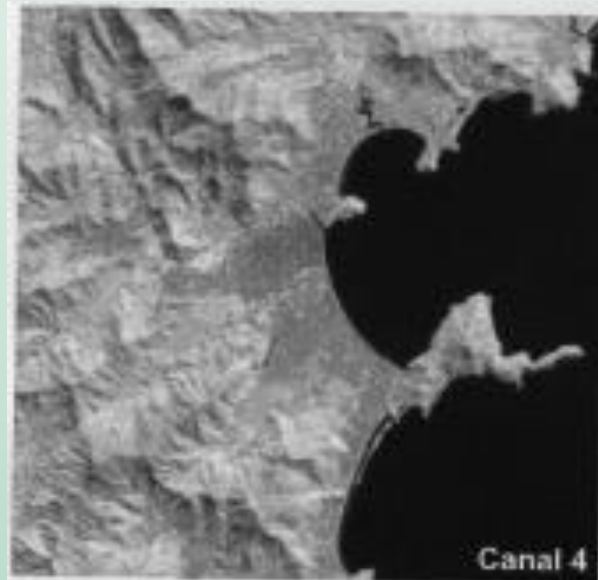
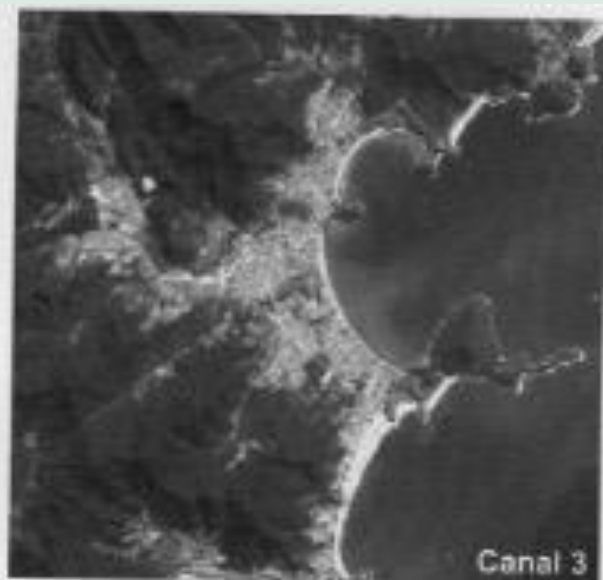
Pouca energia

Muita Energia



Valor baixo px (ND)

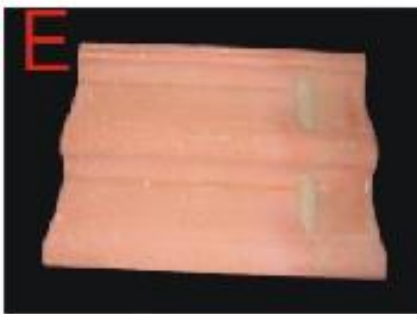
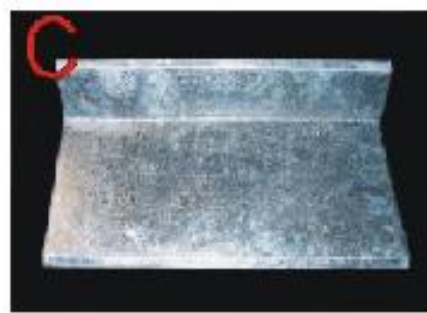
Valor alto px (ND)



Landsat ETM+ Ubatuba, 11/08/1999

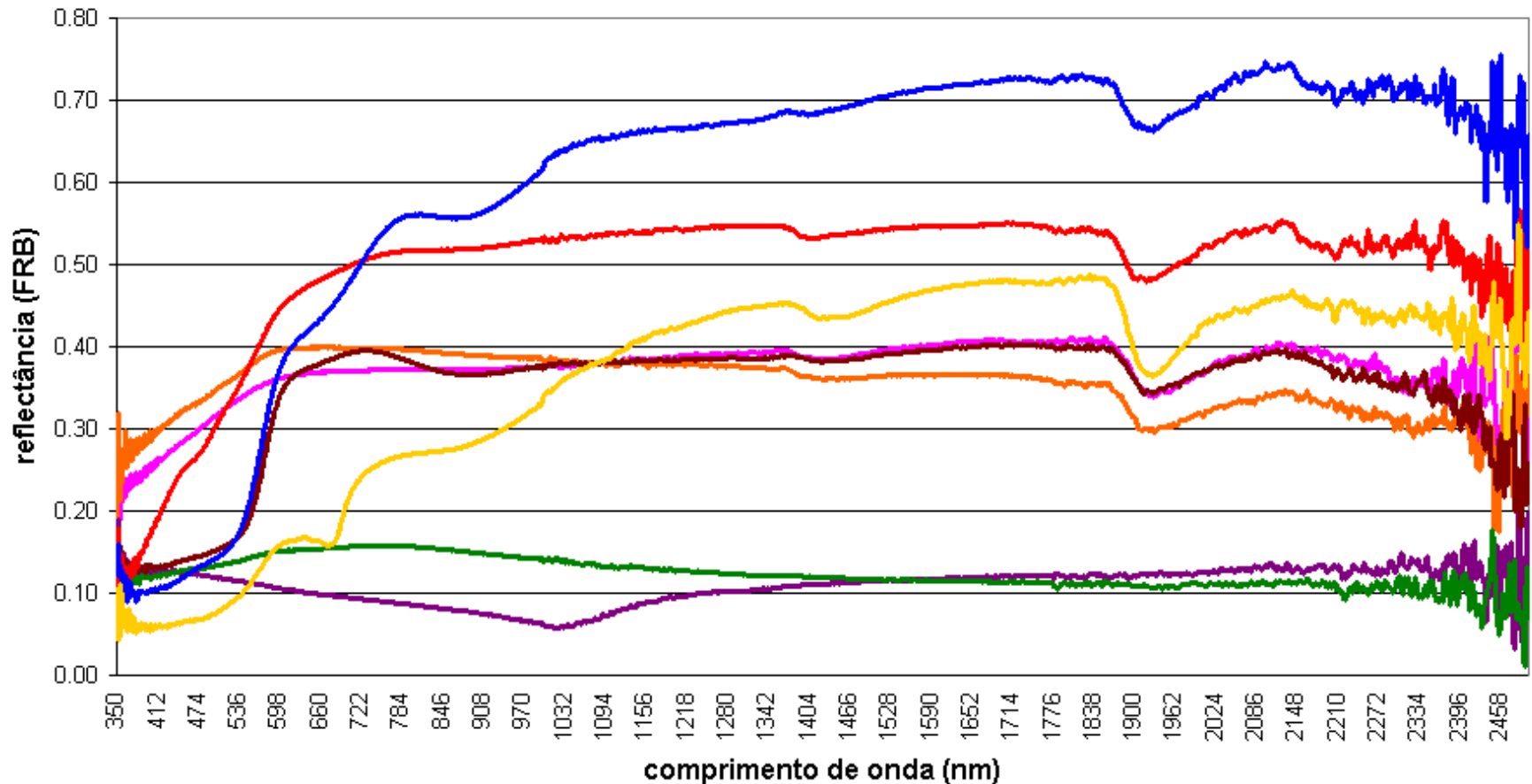
Fonte: Florenzano, 2002

# Assinatura Espectral X Bandas



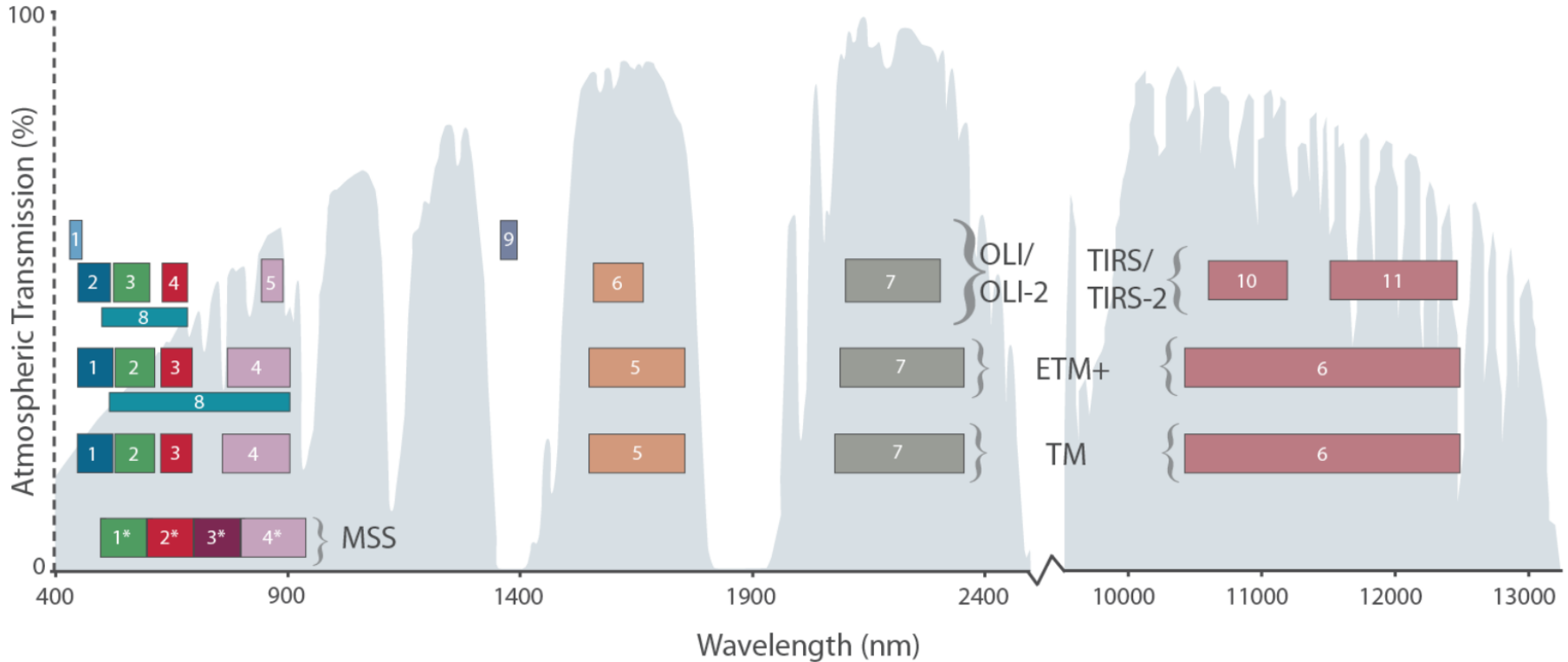
# Assinatura Espectral X Bandas

## Espectros obtidos em laboratório



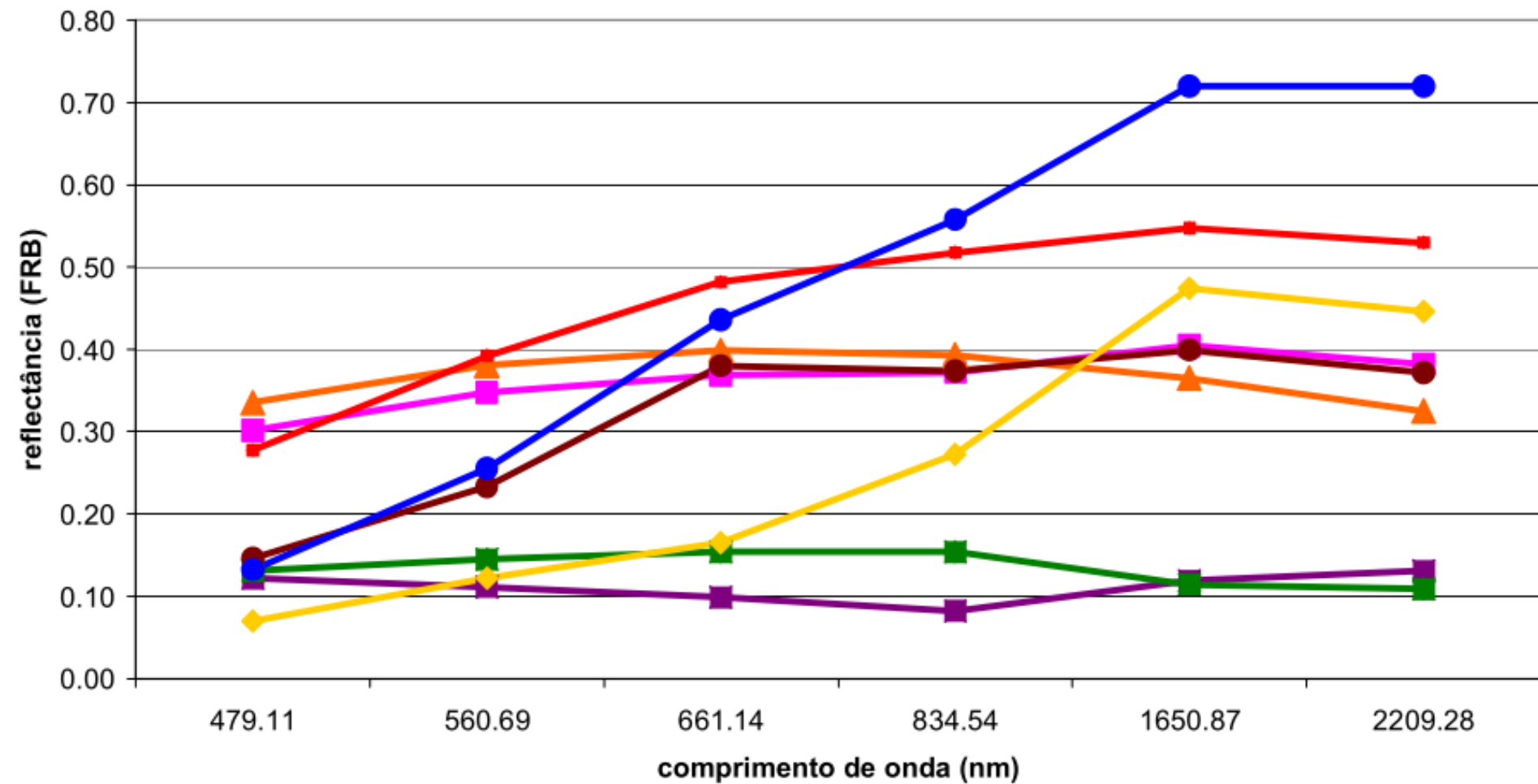
- |                          |                            |                         |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Amianto (ondulação fina) | Amianto (ondulação grossa) | Aço Galvanizado         |
| Telha de Cimento         | Telha de Cimento Pintada   | Telha de Cerâmica Clara |
| Telha de Cerâmica Padrão | Telha de Cerâmica Velha    |                         |

# Assinatura Espectral X Bandas



The Multispectral Scanner System (MSS) aboard Landsats 1–5 had four bands. The Thematic Mapper (TM) aboard Landsats 4 & 5 had seven bands. Landsat 7's Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) has 8 bands and Landsats 8 & 9 have 11 bands. The atmospheric transmission values for this graphic were calculated using MODTRAN for a summertime mid-latitude hazy atmosphere (circa 5 km visibility).

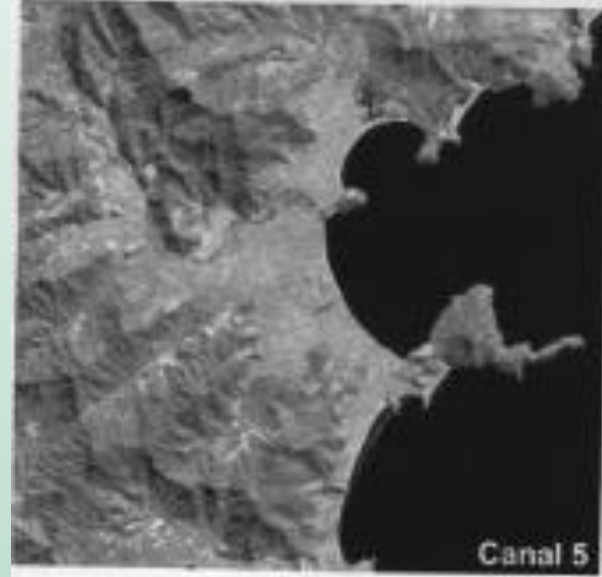
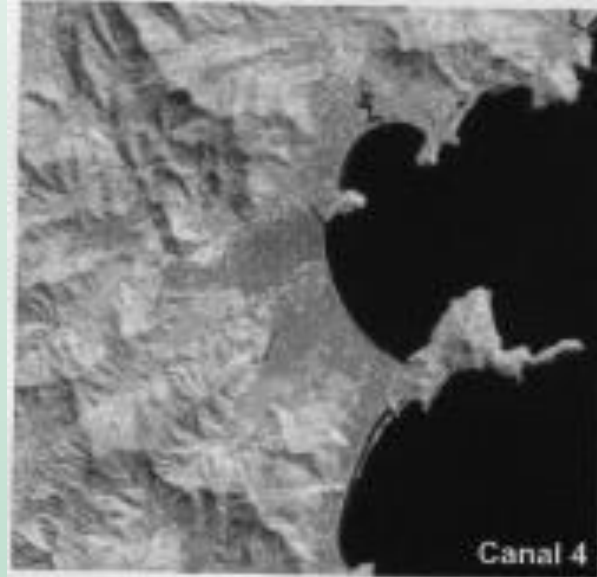
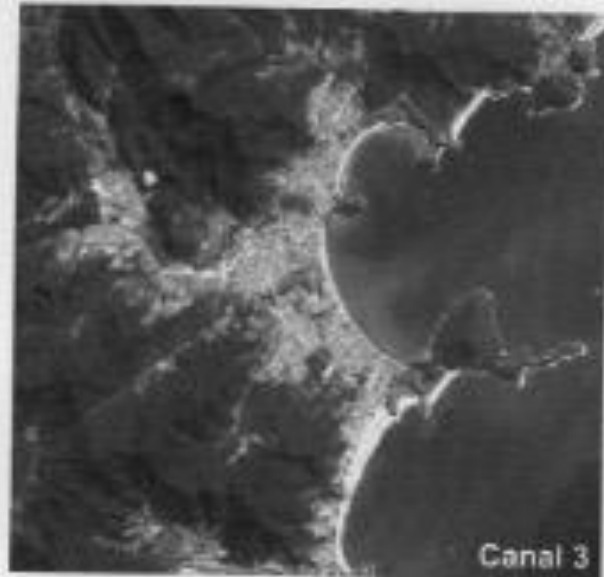
## Espectros reamostrados para as bandas do sensor ETM+



- Amianto (ondulação fina)
- Amianto (ondulação grossa)
- Aço Galvanizado
- Telha de Cimento
- Telha de Cimento Pintada
- Telha de Cerâmica Clara
- Telha de Cerâmica Padrão
- Telha de Cerâmica Velha

# Bandas

Para cada banda é gerada uma imagem.



Landsat ETM+ Ubatuba, 11/08/1999

Fonte: Florenzano, 2002

# Bandas

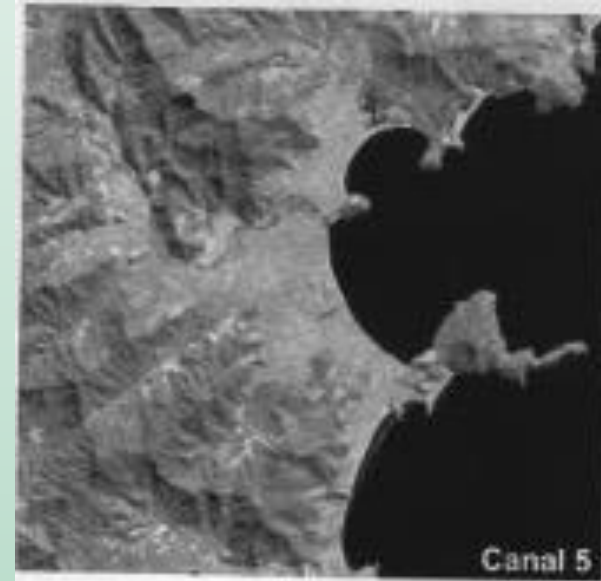
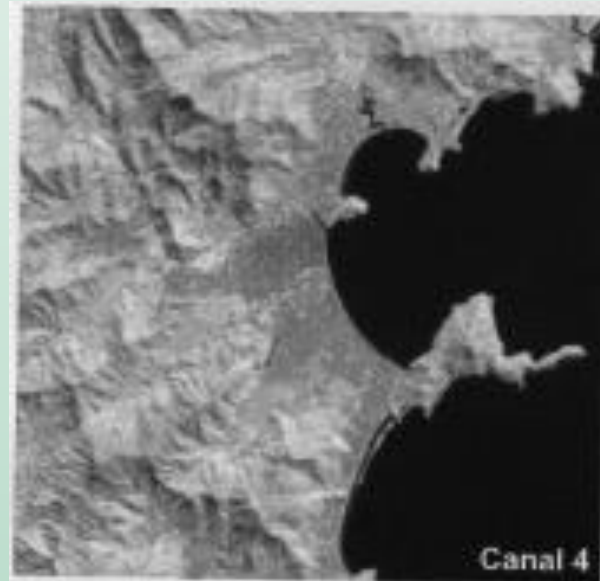
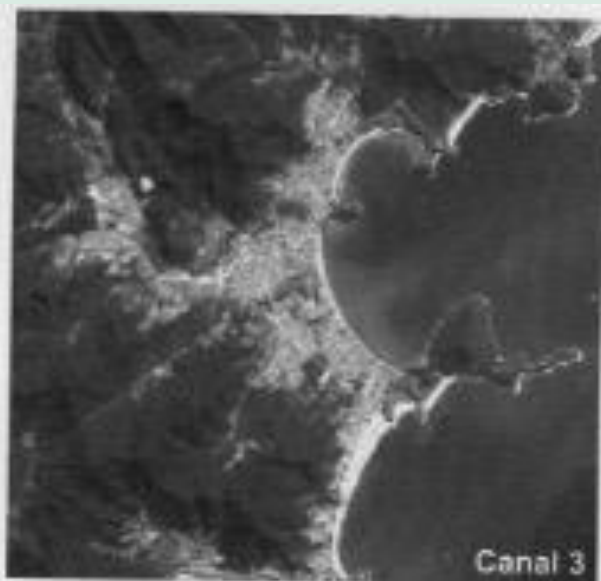
Pouca energia

Muita Energia



Valor baixo px (ND)

Valor alto px (ND)

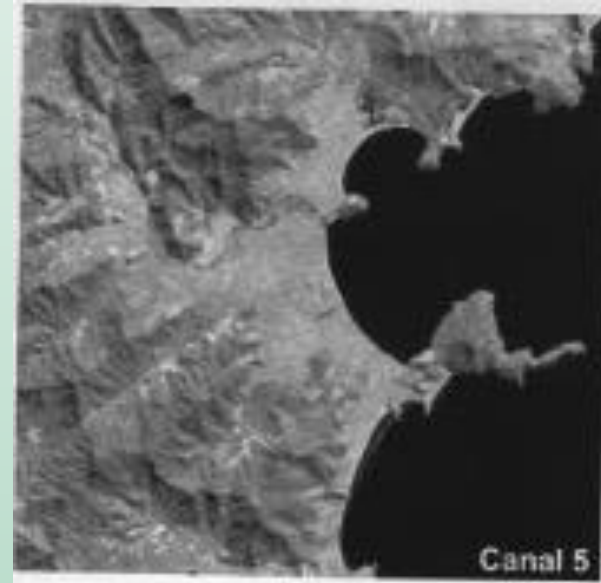
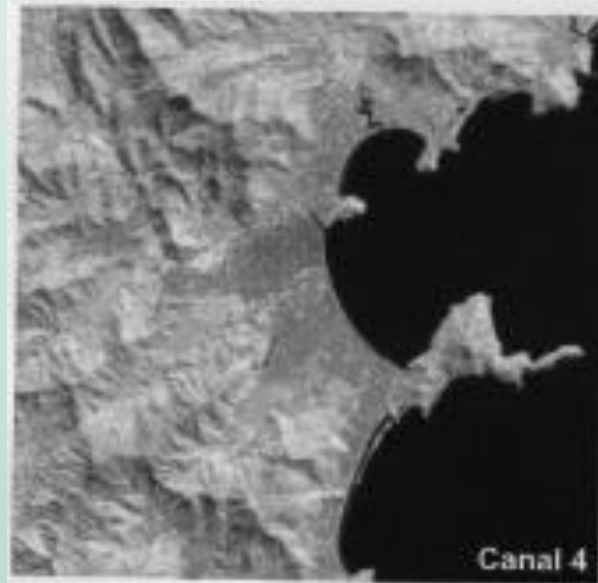
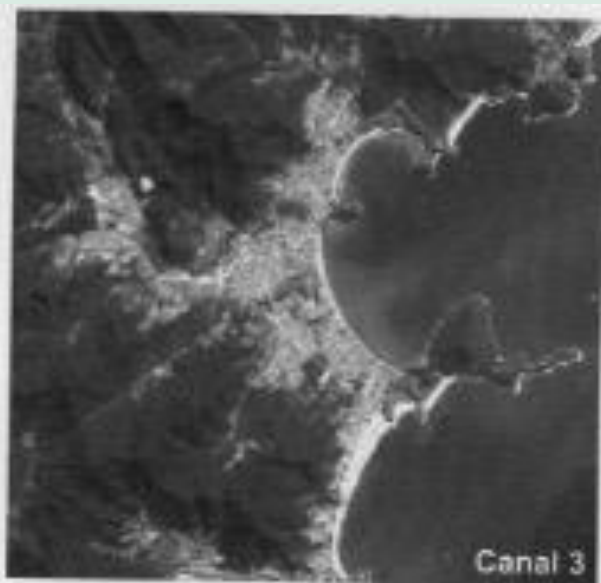


Landsat ETM+ Ubatuba, 11/08/1999

Fonte: Florenzano, 2002

# Bandas

O intervalo espectral de cada banda é que define a tonalidade de cada “alvo” ou objeto na imagem.  
Relação com o comportamento espectral.



Landsat ETM+ Ubatuba, 11/08/1999

Fonte: Florenzano, 2002



# Imagem

- Composições coloridas



Florianópolis

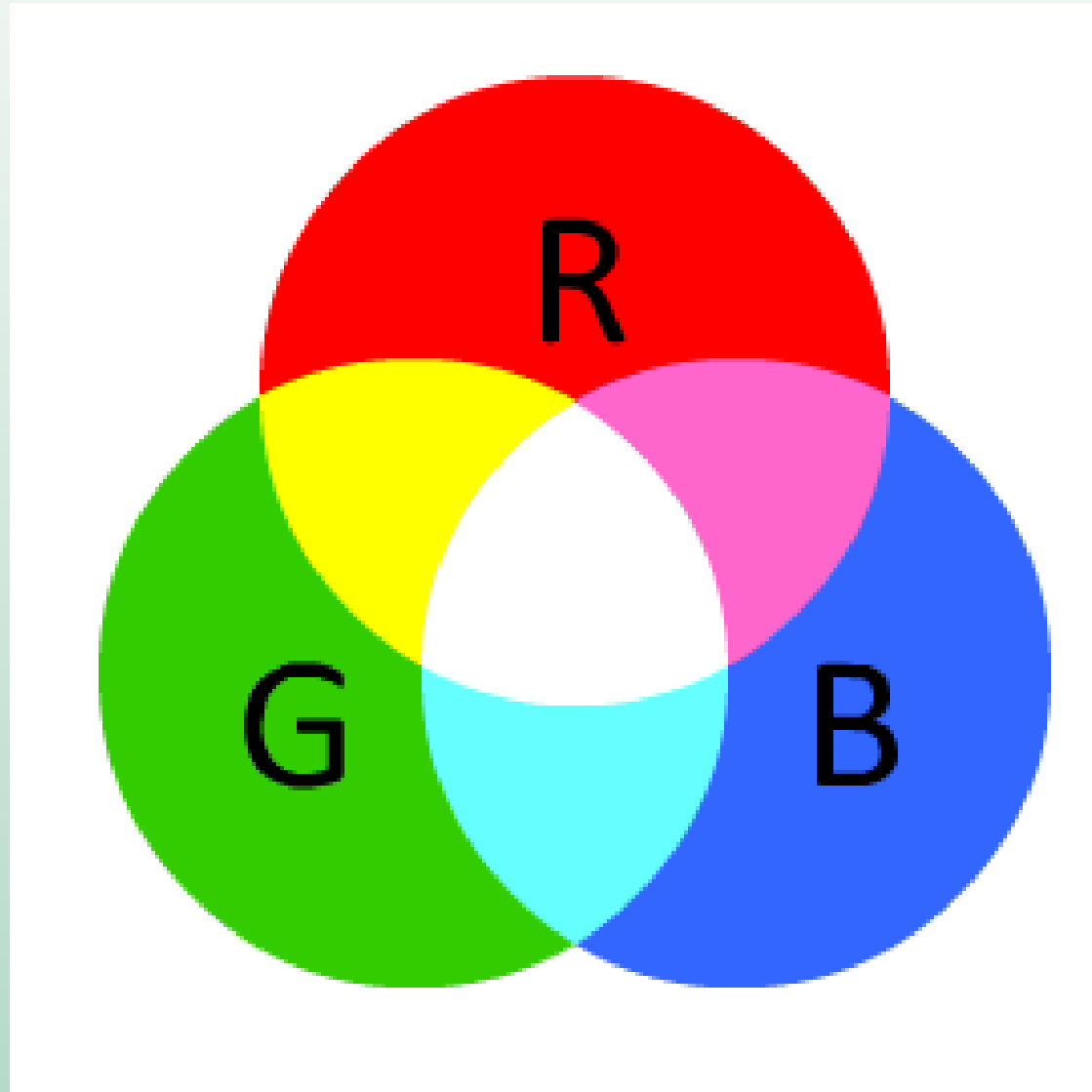
Fonte: Florenzano, 2002

# Imagem

- Composições coloridas



# Composições Coloridas e o padrão RGB



# Composições Coloridas

## Composição Colorida RGB 321

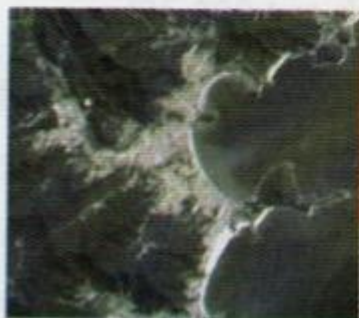
Canal 1



Canal 2



Canal 3



Composição colorida TM 1 2 3



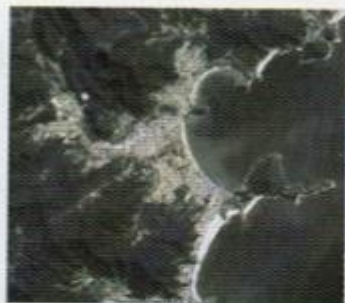
Landsat ETM+ Ubatuba, 11/08/1999

Fonte: Florenzano, 2002

# Composições Coloridas

## Composição Colorida RGB 453

Canal 3



Canal 4



Canal 5



Composição colorida TM 3 4 5

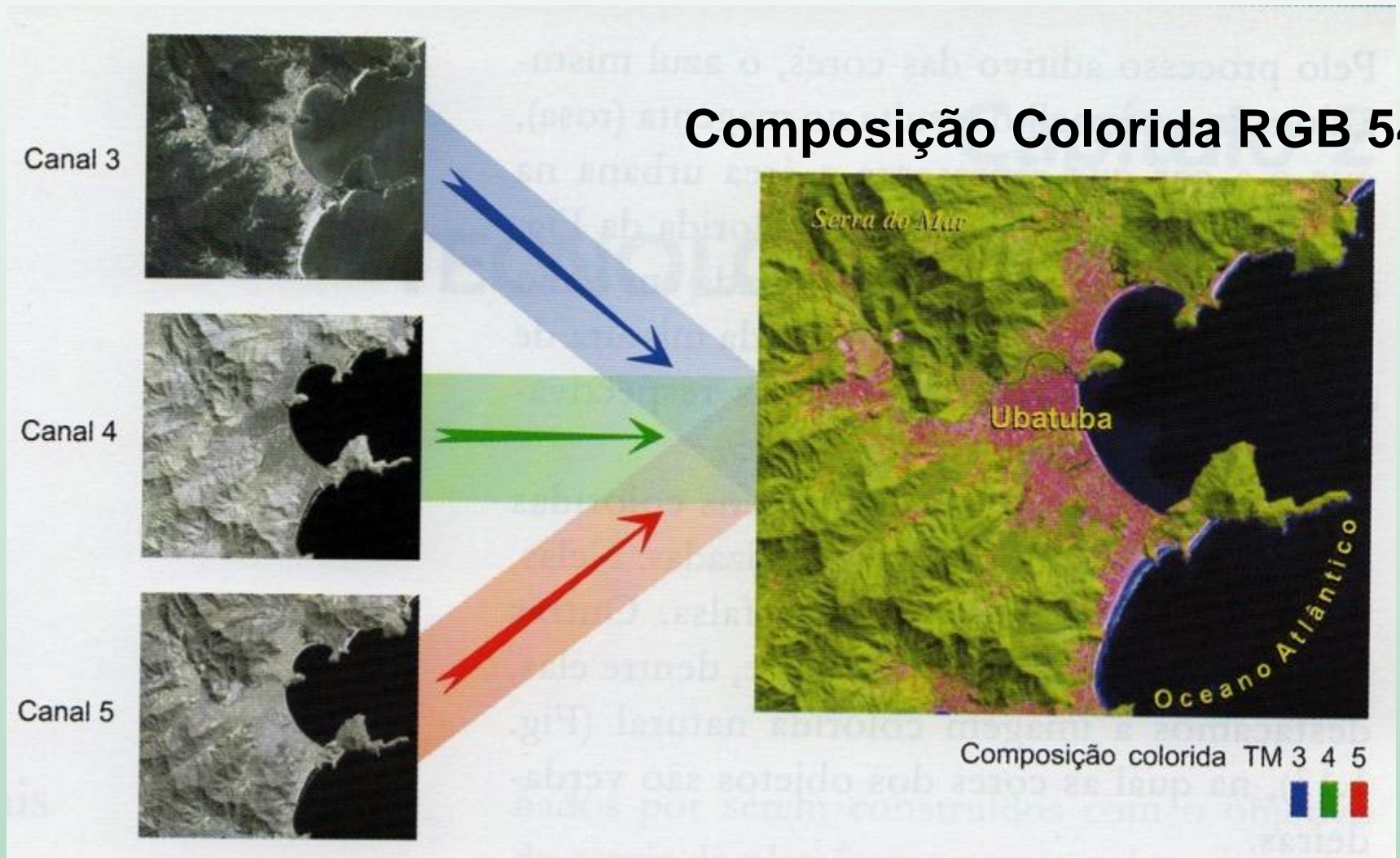


Landsat ETM+ Ubatuba, 11/08/1999

Fonte: Florenzano, 2002

# Composições Coloridas

## Composição Colorida RGB 543



Landsat ETM+ Ubatuba, 11/08/1999

Fonte: Florenzano, 2002

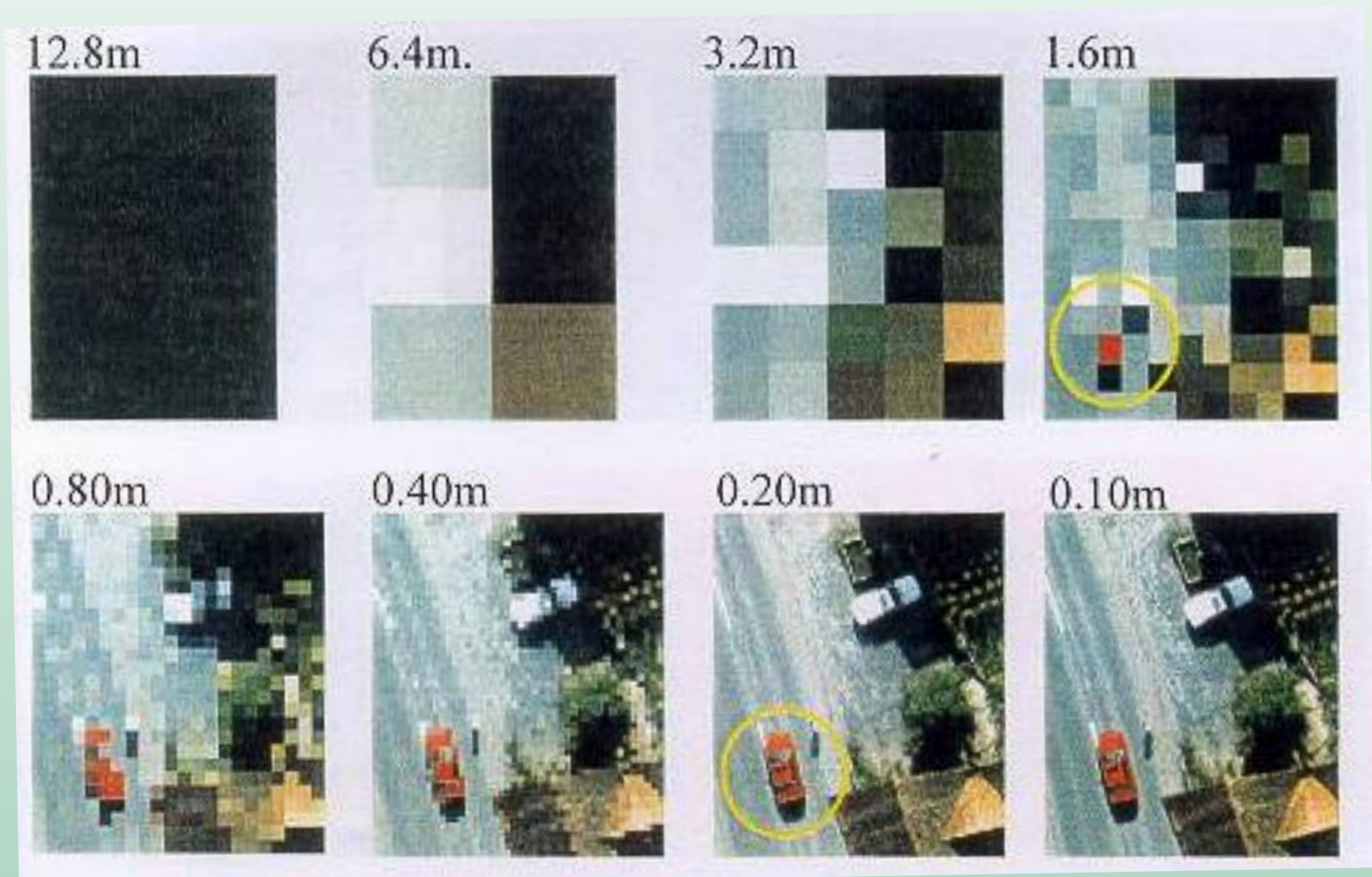
# Imagem

## RESOLUÇÃO

- Espacial
- Espectral
- Radiométrica
- Temporal

# Resolução Espacial

Tamanho da menor feição que pode ser detectada pelo sensor.





# Landsat 8 – 30m



Quickbird – 2.8m / 0.6m



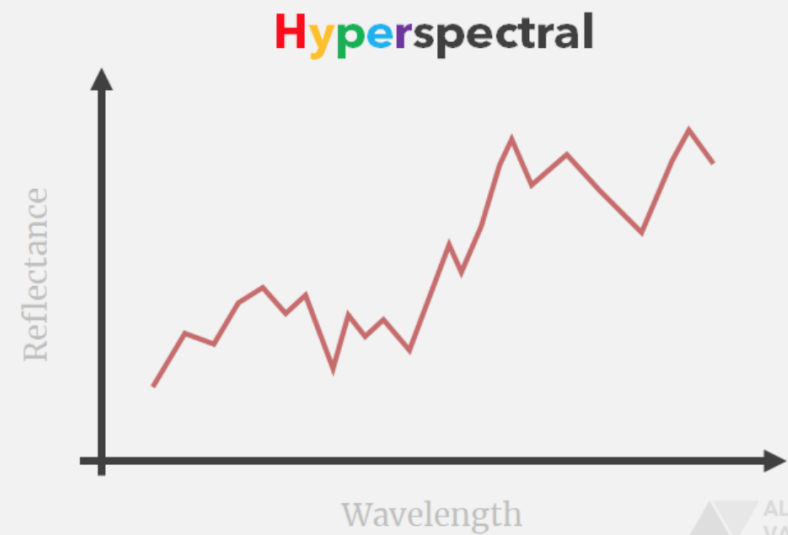
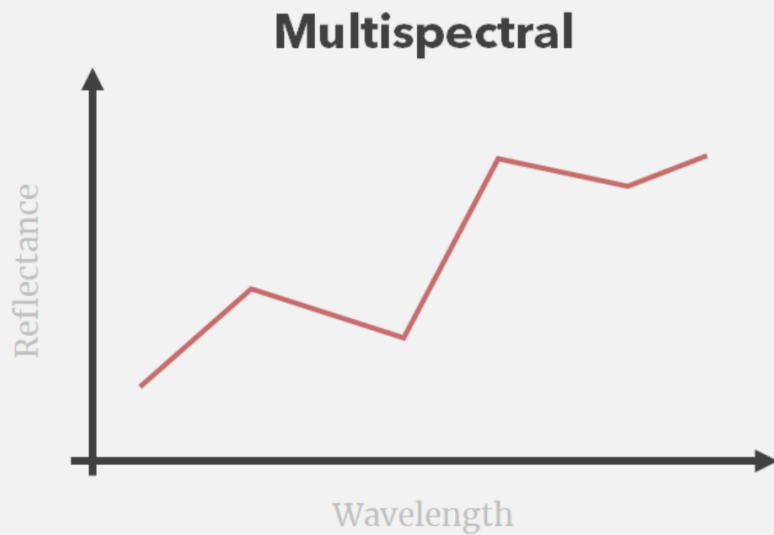
# Resolução Espectral

Função:

- Número de bandas;
- Largura das bandas;
- Posição das bandas no espectro eletromagnético.

Um sensor tem melhor resolução espectral se ele possui maior número de bandas situadas em diferentes regiões espectrais e com larguras estreitas de comprimentos de onda.

# Resolução Espectral



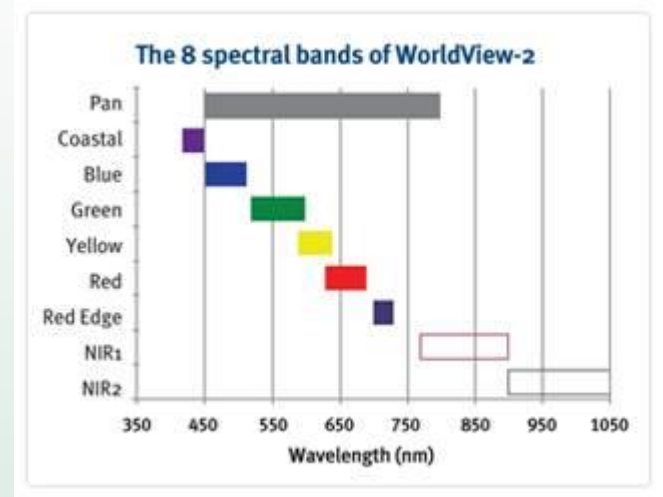
ALESSIO VACCARO

Sensor Prisma  
250 bandas

|                     | VNIR channel | SWIR channel | Pan channel |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|
| Spectral Range      | 400–1010 nm  | 920–2505 nm  | 400–700 nm  |
| Spectral Resolution | ≤ 12 nm      | ≤ 12 nm      | -           |
| Spectral Bands      | 66           | 171          | 1           |
| Swath Width         |              | 30 km        |             |
| Spatial Resolution  |              | 30 m         | 5 m         |
| Data Quantization   |              | 12 bit       |             |

Table 1 - Some PRISMA spectral specification [A.Vaccaro]

# Resolução Espectral



a) Pancromática



b) Multiespectral



c) Sintética

# Resolução Radiométrica

- Descreve a habilidade de um sistema de imageamento distinguir pequenas diferenças na detecção de energia.
- Maior será a resolução radiométrica, quanto maior for a capacidade do detector para medir as diferenças de intensidades dos níveis de energia.
- Ela define o número de níveis de energia que o detector pode discriminar.
- Números positivos que variam de zero até uma potência de 2.

# Resolução Radiométrica

| Bits     | Quant. de ND |
|----------|--------------|
| $2^1$    | 2            |
| $2^2$    | 4            |
| $2^8$    | 256          |
| $2^{10}$ | 1024         |
| $2^{11}$ | 2048         |
| $2^{16}$ | 65536        |

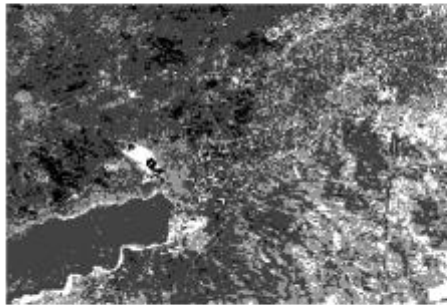
# Resolução Radiométrica



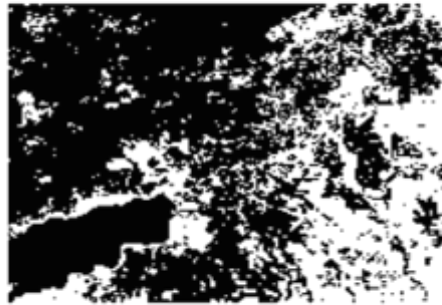
16 Values (4 bit)



8 Values (3 bit)






4 Values (2 bit)



2 Values (1 bit)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 Unported License.  
Author: [http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Arbec\\_k](http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Arbec_k)

| Bits | Werteumfang         | Grauwerte   |
|------|---------------------|---|
| 1Bit | $2^1 = 2$ (0-1)     | 0  1   |
| 4Bit | $2^4 = 16$ (0-15)   | 0  15  |
| 8Bit | $2^8 = 256$ (0-255) | 0  255 |



Machado (2002)

## O DIFERENCIAL 11-Bits

**8-Bits**

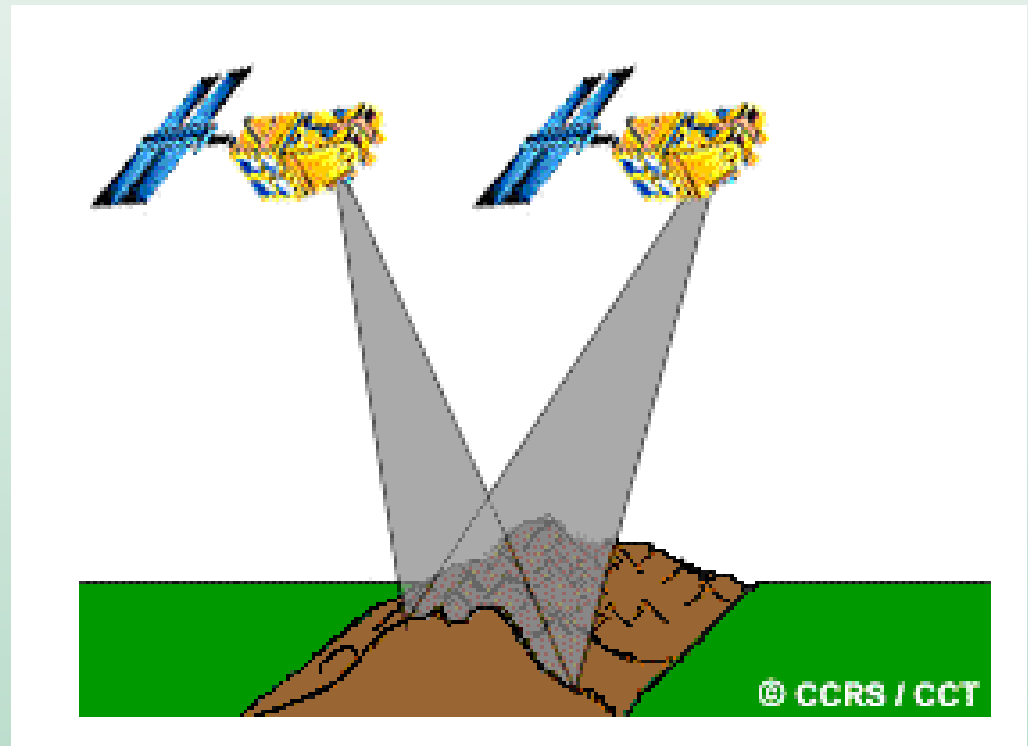


**11-Bits**



# Resolução Temporal

- Tempo de revisita
- Capacidade de visada lateral
- Capacidade de imageamento no sentido inverso da órbita
- Constelação de Satélites

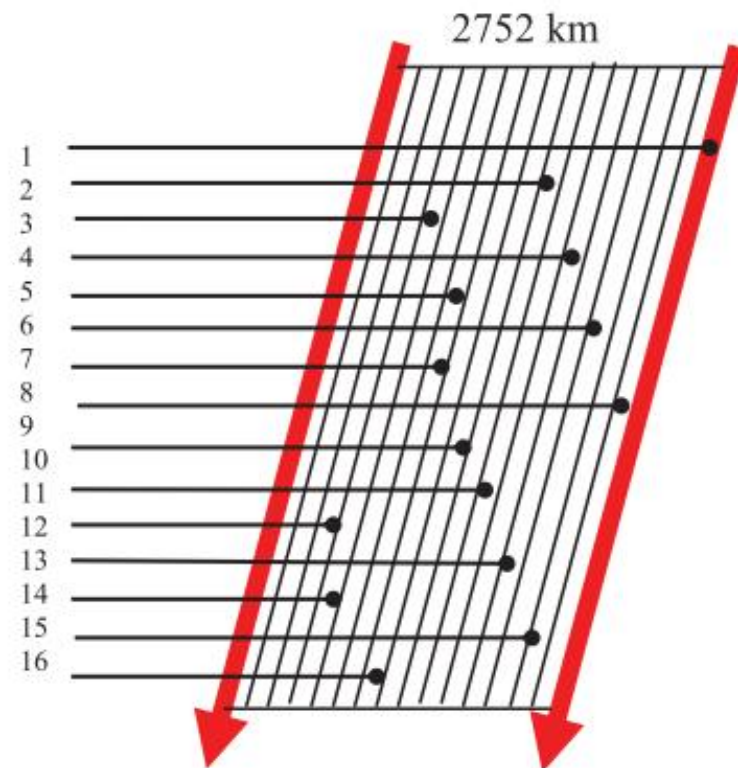


Fonte: A Canada Centre for Remote Sensing Remote Sensing Tutorial

# Resolução Temporal



*a*



*b*

Fig. 1.24 Padrão de recobrimento de órbitas completadas em um único dia pelo satélite Landsat (a) e no período da resolução temporal de 16 dias (b). (Fonte: Novo, 1996).

# A Série Landsat

Os dados Landsat constituem a mais longa série histórica de imagens das superfícies continentais, obtidos a partir de uma perspectiva do espaço  
→ qualidade, detalhamentos, cobertura e valor

Representa uma fonte de: medições globais, calibradas e de resolução espacial média da superfície terrestre, que pode ser comparada com dados e registros históricos prévios

# A série Landsat

- Landsat 1: Lançado em 23/07/72 - Desativado em 06/01/78;
- Landsat 2: Lançado em 22/01/75 - Desativado em 52/02/82;
- Landsat 3: Lançado em 05/03/78 - Desativado em 31/03/83;
- Landsat 4: Lançado em 16/07/82 - Não imageia, porém não está desativado;
- Landsat 5: Lançado em 01/03/84 - Ativo até abril / 2002 → em 2003 foi “reativado” com a quebra do espelho do 7; Funcionou até novembro de 2011;
- Landsat 6: Lançado em 05/10/93 - Perdido após o lançamento
- Landsat 7: Lançado em 15/04/99 – Com problemas (vida útil estava prevista para ser superior a 5 anos em órbita), quebrou o espelho em 2003 até hoje há cenas dele porém com apenas 25% da área aproveitável.
- Landsat Data Continuity Mission (LCDM – Landsat 8) – Lançado em 11 de fevereiro de 2013
- Landsat 9: Lançado em 27 de setembro de 2021.

# A série Landsat

## Landsat Missions: Imaging the Earth Since 1972



# A série Landsat

## Landsat 1-5 Multispectral Scanner (MSS) (1972 a 2011)

| <b>Landsat<br/>1-3</b>             | <b>Landsat<br/>4-5</b> | <b>Comprimento<br/>de Onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b> | <b>Resolução<br/>(m)</b> |
|------------------------------------|------------------------|---|--------------------------|
| 4 – Verde                          | 1                      | 0.5-0.6   | 60                       |
| 5 - Vermelho                       | 2                      | 0.6-0.7   | 60                       |
| 6 – Infravermelho<br>Próximo (NIR) | 3                      | 0.7-0.8   | 60                       |
| 7 – Infravermelho<br>Próximo (NIR) | 4                      | 0.8-1.1   | 60                       |

Resolução Radiométrica – 8 bits

Resolução temporal – 16 dias

Campo de visão – 170 x 183 km

<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>

# A série Landsat

## Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM)

| <b>Bandas</b>                              | <b>Comprimento de Onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b> | <b>Resolução (m)</b> |
|--|---|----------------------|
| 1 – Azul                                   | 0.45-0.52   | 30                   |
| 2 – Verde                                  | 0.52-0.60   | 30                   |
| 3 - Vermelho                               | 0.63-0.69   | 30                   |
| 4 – Infravermelho Próximo (NIR)            | 0.76-0.90   | 30                   |
| 5 - Infravermelho de ondas curtas (SWIR) 1 | 1.55-1.75   | 30                   |
| 6 - Termal                                 | 10.40-12.50   | 120* (30)            |
| 7 - Infravermelho de ondas curtas (SWIR) 2 | 2.08-2.35   | 30                   |



# A série Landsat

## Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

| <b>Bandas</b>                              | <b>Comprimento de Onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b> | <b>Resolução (m)</b> |
|--|---|----------------------|
| 1 – Azul                                   | 0.45-0.52   | 30                   |
| 2 – Verde                                  | 0.52-0.60   | 30                   |
| 3 - Vermelho                               | 0.63-0.69   | 30                   |
| 4 – Infravermelho Próximo (NIR)            | 0.77-0.90   | 30                   |
| 5 - Infravermelho de ondas curtas (SWIR) 1 | 1.55-1.75   | 30                   |
| 6 - Termal                                 | 10.40-12.50   | 60 * (30)            |
| 7 - Infravermelho de ondas curtas (SWIR) 2 | 2.09-2.35   | 30                   |
| 8 - Pancromático                           | .52-.90   | 15                   |

# A série Landsat

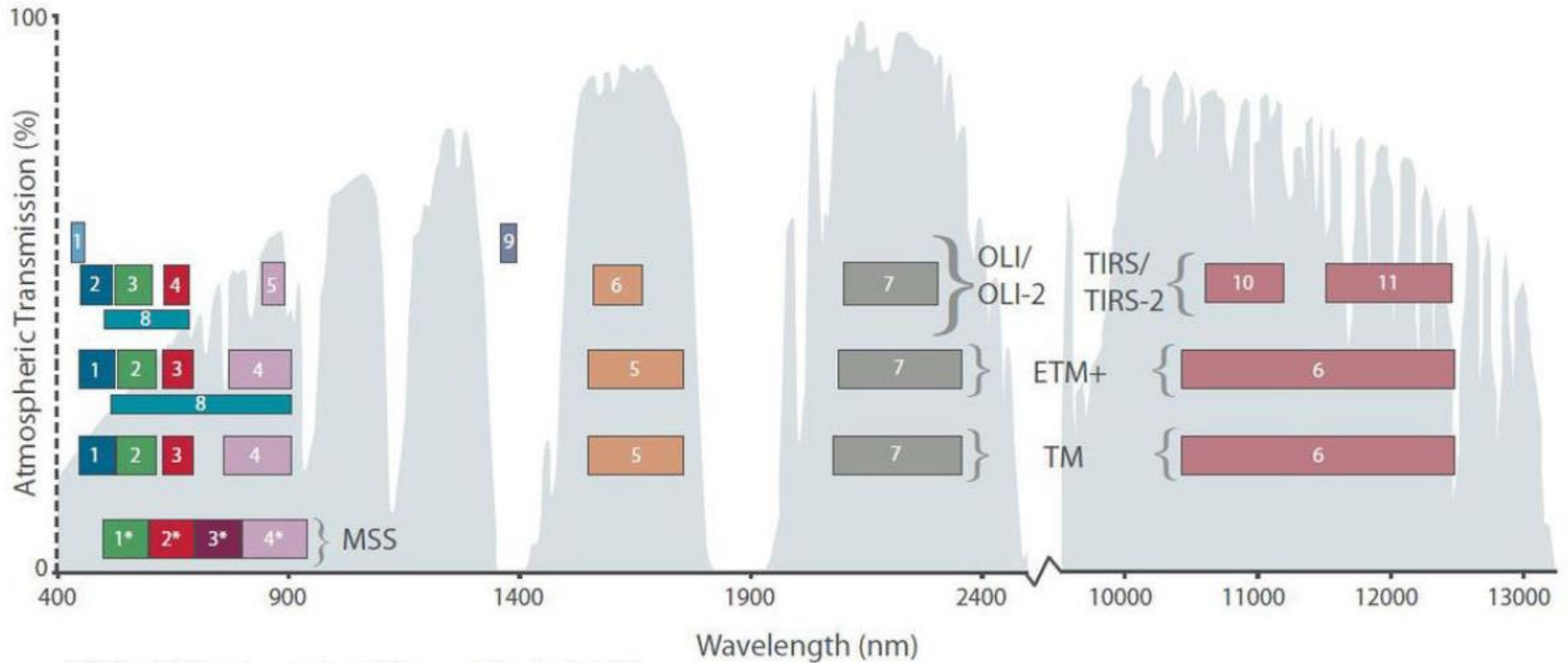
## Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)

| <b>Bandas</b>                             | <b>Comprimento de Onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b> | <b>Resolução (m)</b> |
|---|---|----------------------|
| 1 - Ultra azul (costas/aerosol)           | 0.43 - 0.45   | 30                   |
| 2 - Azul                                  | 0.45 - 0.51   | 30                   |
| 3 - Verde                                 | 0.53 - 0.59   | 30                   |
| 4 - Vermelho                              | 0.64 - 0.67   | 30                   |
| 5 - Infravermelho Próximo (NIR)           | 0.85 - 0.88   | 30                   |
| 6 - Infravermelho de Ondas Curtas (SWIR1) | 1.57 - 1.65   | 30                   |
| 7 - Infravermelho de Ondas Curtas (SWIR2) | 2.11 - 2.29   | 30                   |
| 8 - Pancromático                          | 0.50 - 0.68   | 15                   |
| 9 - Cirrus                                | 1.36 - 1.38   | 30                   |
| 10 - Termal (TIRS) 1                      | 10.60 - 11.19   | 100 * (30)           |
| 11 - Termal (TIRS) 2                      | 11.50 - 12.51   | 100 * (30)           |

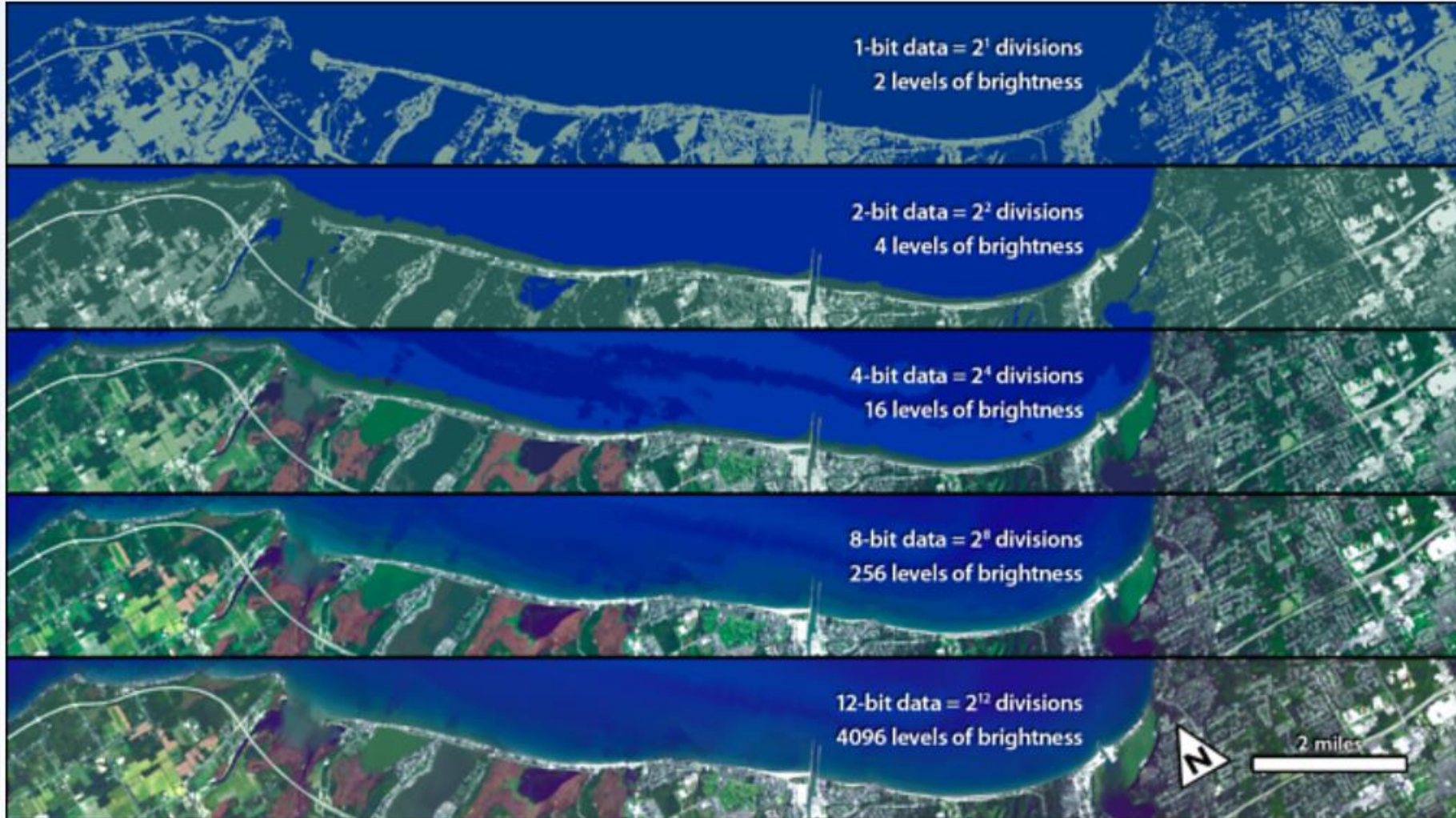
Resolução Radiométrica – 12 bits

<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>

# A série Landsat



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



O Landsat detecta a intensidade da luz refletida ou emitida da Terra, dos extremos escuros aos claros. O número de tons entre eles depende da sensibilidade do instrumento, ou profundidade de bits, para cada comprimento de onda. Aqui, uma visão Landsat 8 de 12 bits do Lago Ontário é alterada para ilustrar diferentes resoluções radiométricas.

NASA's Goddard Space Flight Center/M. Radcliff

[Related story: "A Dynamic Landscape, a Dynamic Sensor"](#)

<https://www.nasa.gov/content/goddard/taking-nasa-usgs-s-landsat-8-to-the-beach/>

# Common Landsat Band Combinations

Images: Landsat 8 Path 46 Row 27 acquired August 23, 2020. Band numbers displayed as R,G,B.

## Natural Color



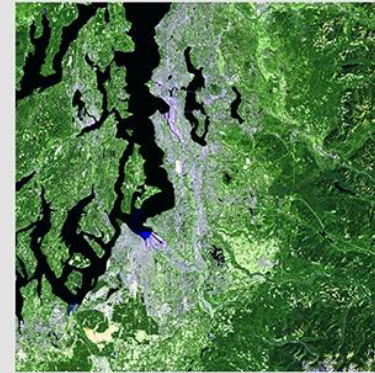
Landsat 8/9 OLI 4,3,2  
Landsat 7 ETM+ 3,2,1  
Landsat 4-5 TM 3,2,1  
Landsat 4-5 MSS N/A  
Landsat 1-3 MSS N/A

## Color Infrared (CIR)



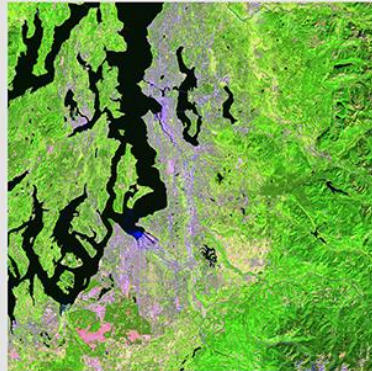
Landsat 8/9 OLI 5,4,3  
Landsat 7 ETM+ 4,3,2  
Landsat 4-5 TM 4,3,2  
Landsat 4-5 MSS 3,2,1  
Landsat 1-3 MSS 6,5,4

## False Color (Urban)



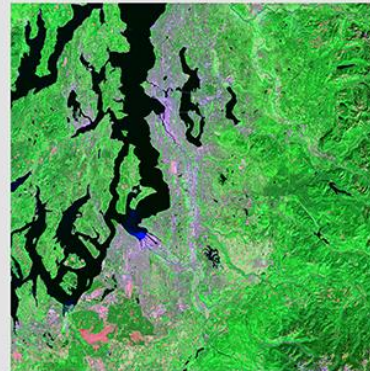
Landsat 8/9 OLI 7,6,4  
Landsat 7 ETM+ 7,5,3  
Landsat 4-5 TM 7,5,3  
Landsat 4-5 MSS N/A  
Landsat 1-3 MSS N/A

## False Color (Vegetative Analysis)



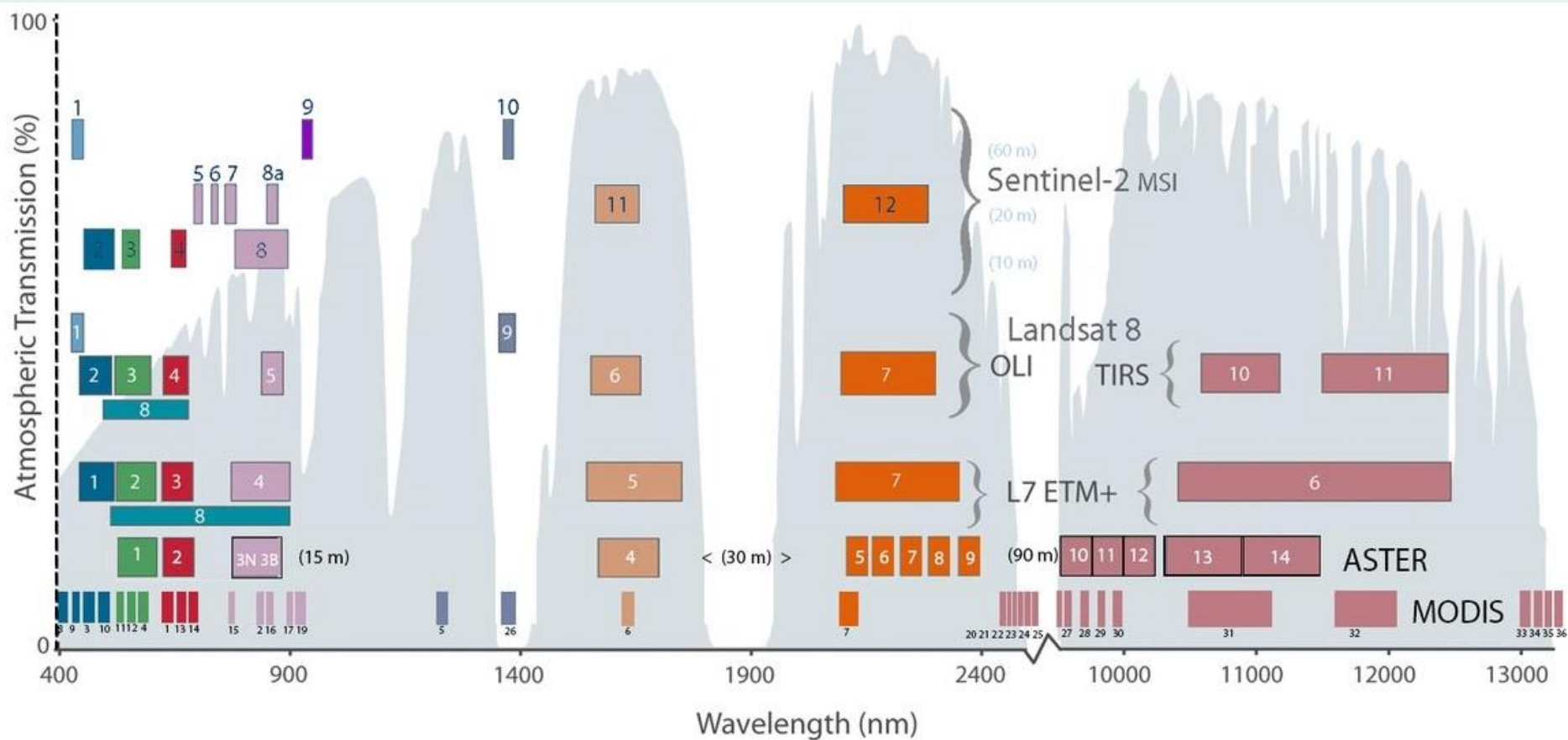
Landsat 8/9 OLI 6,5,4  
Landsat 7 ETM+ 5,4,3  
Landsat 4-5 TM 5,4,3  
Landsat 4-5 MSS 4,3,2  
Landsat 1-3 MSS 7,6,5

## Shortwave Infrared



Landsat 8/9 OLI 7,5,4  
Landsat 7 ETM+ 7,4,3  
Landsat 4-5 TM 7,4,3  
Landsat 4-5 MSS N/A  
Landsat 1-3 MSS N/A

# Comparação com outros satélites gratuitos



# Portais: INPE

www.dgi.inpe.br/CDSRV

English

**INPE** Image Catalog [Register](#) [Log In](#) [Log Out](#) [Cart](#) [History](#) [Help](#)

**Basic Parameters**

Satellite  Aqua  
Instrument CBERS 2  
Time Interval CBERS 2B  
From CBERS 4  
To Landsat 1  
Maximum Cloud Landsat 2  
Q1 Landsat 3  
Q3 Landsat 5  
Quick Look Landsat 7  
OS Landsat 8  
Passage Mo ResourceSat-1  
Date: / / or GLS-Landsat  
Execute ResourceSat-2  
Country S-NPP  
City Terra  
Execute UK-DMC 2

Path From To Row From To  
Execute

By Region  
North 10.  
West -90. East -30.  
South -40.  
Execute

Map Interface  
Lat -17. Lon -48.  
Navigate

Dear User,

Herein users are allowed to :

1. **SEARCH FOR IMAGES** using the following [criteria](#): satellite/sensor, data, municipality, path/row, region or by geographically sailing. The access to the Catalog is entirely free ; images download require user [register](#).
2. **REGISTER** in User's database: this [registration](#) gives us the knowledge of the Catalog users technical profiles and their application areas of interest. User registration data will be exclusively used for statistics purposes and communication.
3. **ACCESS** the Catalog system and request images in their total resolution, free of charge.
4. **DOWNLOAD IMAGES** : If your Internet connection isn't sufficient to download images (Generally files from 40 to 50 Mb for each HRC band, from 12 to 20 Mb for each CCD band, 1.5 Mb for IRMSS and 8 Mb for WFI band) you can order images in CD media, with cost, contacting [ATUS](#). If you need further information, please enter the site <http://www.dgi.inpe.br>.
5. **DOWNLOAD FILES AND DOCUMENTS**: Data files and documents (e.g. catalog's operation manual) are available on [Files and Documents](#).
6. **DOWNLOAD MARLIN**: a tool oriented for displaying and handling digital images, available after [login](#).




Image of remote sensing by [INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais](#) is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike license 3.0 Unported License](#).

# EarthExplorer

← → ↻ https://earthexplorer.usgs.gov

**USGS**  
science for a changing world

EarthExplorer - Home Page Expires In 1:59:55

Home Login Register RSS Feedback Help

Search Criteria Data Sets Additional Criteria Results

### 1. Enter Search Criteria

To narrow your search area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the [help documentation](#)), and/or choose a date range.

Address/Place Path/Row Feature Circle

Show Clear

Coordinates Predefined Area Shapefile KML

Degree/Minute/Second Decimal

No coordinates selected.

Use Map Add Coordinate Clear Coordinates

Date Range Result Options

Search from:  to:


Search months: (all)

Data Sets » Additional Criteria » Results »

### Search Criteria Summary (Show) Clear Criteria

Map Satellite

(14° 38' 34" N, 153° 34' 42" W) Options Overlays





# Cadastro no EarthExplorer

- <https://www.youtube.com/watch?v=PCjatC-z-6w>

# Aplicações de Sensoriamento Remoto - Vídeo

- Aplicações Landsat:
  - [https://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2013/05/G2009-120\\_Landsat\\_Flyby\\_MASTER\\_ipod\\_lg.m4v](https://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2013/05/G2009-120_Landsat_Flyby_MASTER_ipod_lg.m4v)
- Monitoramento ambiental por sensoriamento remoto:
  - [https://www.youtube.com/watch?v=c0j-7I\\_OlzQ](https://www.youtube.com/watch?v=c0j-7I_OlzQ)

# Aplicações de Sensoriamento Remoto – Artigo para leitura

The screenshot shows a web browser displaying an article on the Scielo platform. The browser's address bar shows the URL: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/X66LYPw3YwpbhKg88bJCZtB/?lang=pt#>. The page header includes the Scielo logo, the text 'História, Ciências, Saúde-Manguinhos', and language options for 'PORTUGUÊS' and 'ESPAÑOL'. Below the header, there are navigation buttons for 'table of contents', '« previous', 'current', and 'next »', along with options for 'Abstract', 'Text (PT)', and 'PDF'. A 'Share' button is also present. The main content area features the article title in large blue font: 'Construindo imagens e territórios: pensando a visualidade e a materialidade do sensoriamento remoto'. Below the title is the English translation: 'Constructing images and territories: thinking on the visuality and materiality of remote sensing'. The author's name, 'Marko Monteiro', is listed with a 'SOBRE O AUTOR' button. A 'COPIAR' button is also visible. On the right side of the page, there is a vertical blue button labeled 'REPORTAR ERRO'. The article's abstract is visible under the heading 'Resumos', starting with 'Reflete sobre a questão da imagem na ciência, pensando em como práticas visuais participam da construção de saberes e territórios. A crescente centralidade do visual em práticas científicas contemporâneas evidencia a necessidade de reflexão para além da imagem. O objeto da discussão se constituirá de imagens científicas usadas no monitoramento e na visualização do território. O artigo trata das relações entre a visualidade e os pesquisadores que a constroem; as infraestruturas dessa construção; e as instituições e políticas de monitoramento do território. Argumenta-se que tais imagens-relações, mais que visualizar, ajudam a constituir o território de formas específicas. Explorar esse processo possibilita uma compreensão mais complexa das formas pelas quais a ciência e a tecnologia ajudam a construir realidades.'

Download: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/X66LYPw3YwpbhKg88bJCZtB/?lang=pt#>

# Para começar...

- Tutorial em inglês

- <https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309>

- Apostila em português

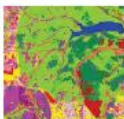
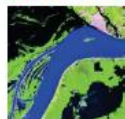
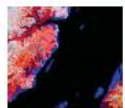
- [http://sites.poli.usp.br/d/ptr2355/PTR2355\\_Apostila\\_SR.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/ptr2355/PTR2355_Apostila_SR.pdf)
- [http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR\\_DPI7.pdf](http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf)
- [http://www2.fct.unesp.br/docentes/cartoenner/EngCartografica/Lab%20%232%20\(radiancia\)/Lab%232%20\(radiancia\).pdf](http://www2.fct.unesp.br/docentes/cartoenner/EngCartografica/Lab%20%232%20(radiancia)/Lab%232%20(radiancia).pdf)

- Artigos online

- <http://www.inpe.br/biblioteca/>
- [http://www.dsr.inpe.br/sbsr2017/biblioteca\\_online.php](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2017/biblioteca_online.php)

- Livros online

- <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>
- <https://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>



INTRODUÇÃO AO  
PROCESSAMENTO DE  
IMAGENS DE  
SENSORIAMENTO REMOTO

Paulo Roberto Meneses  
Tati de Almeida  
(Organizadores)

MENESES, P. R. e ALMEIDA, T.  
Introdução ao processamento  
de imagens de sensoriamento  
remoto. Brasília: UNB, 2012, p.  
01-33.

EVLYN M. L. DE MORAES NOVO

# SENSORIAMENTO REMOTO

PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES



4.<sup>a</sup> Edição revista

**Blucher**

Evelyn M. L. de Moraes Novo - INPE  
308 pp. 4 edição, Editora Edgar  
Blucher, 2011