

# SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL: FUNDAMENTOS

Augusto Uchôa



- Conceito de Sensoriamento Remoto
- Plataformas e Sensores/Classificação dos sensores e plataformas
- Sensores Passivos
  - Princípios do sensoriamento remoto óptico passivo
  - Influência da atmosfera
  - Resoluções das Imagens (Espectral, Espacial, Temporal e Radiométrica)
- Plataformas
- Comportamento Espectral



- Sensores Ativos
  - RADAR
  - LIDAR
- Processamento Digital de Imagens
  - Georreferenciamento
  - Recorte
  - Mosaico
  - Realce Espectral
  - Operações Aritméticas
  - Fusão de Imagens
  - Classificação de Imagens

Ebook  
Clique  
Aqui!



# INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Paulo Roberto Meneses

Tati de Almeida

(Organizadores)



UnB

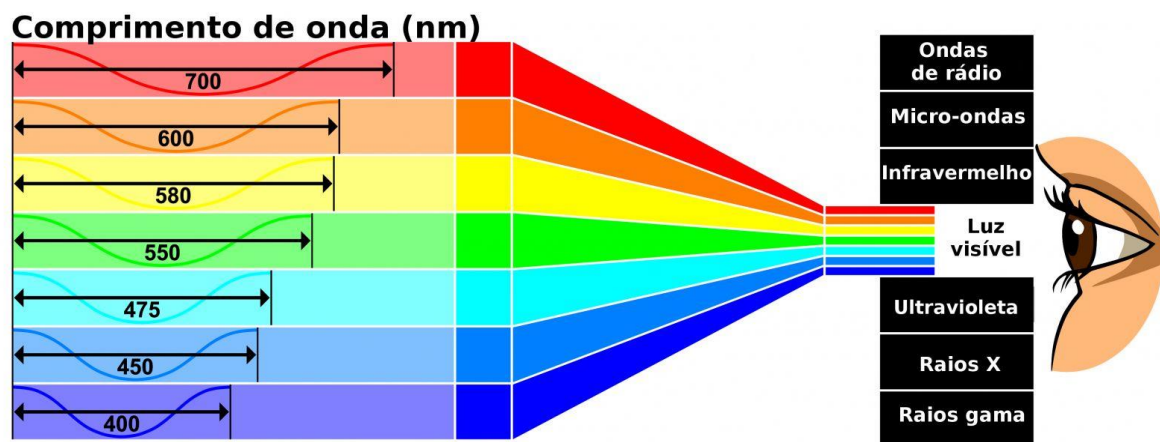


CNPq

## Conteúdo

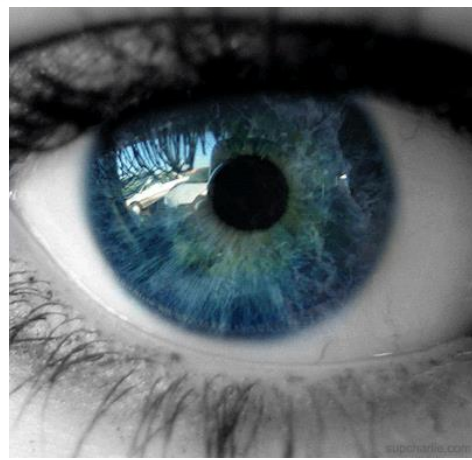
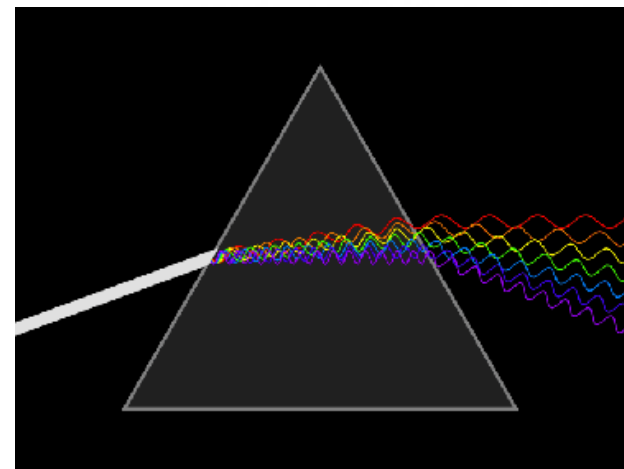
<b>1. Princípios do Sensoriamento Remoto</b>	
1.1 História Inicial	1
1.2 Definição de Sensoriamento Remoto	3
1.3 Natureza da Radiação Eletromagnética	4
1.3.1 Modelo ondulatório	4
1.3.1.1 Interação macroscópica da radiação eletromagnética com os objetos	6
1.3.2 Modelo corpuscular	8
1.3.2.1 Interação microscópica da radiação eletromagnética com os objetos	9
1.3.3 Manifestação conjunta das interações macroscópicas e microscópicas	10
1.4 Fontes de Radiação Eletromagnética	11
1.5 Interferências Atmosféricas	14
1.6 Espectro Eletromagnético	18
1.7 Conceitos de Radiação e de Reflectância	21
1.8 Resoluções das Imagens	24
1.8.1 Resolução espacial	25
1.8.2 Resolução espectral	27
1.8.3 Resolução radiométrica	30
1.8.4 Resolução temporal	31
<b>2. Sensores Imageadores Multiespectrais na Faixa Óptica (0,45 – 2,5µm)</b>	
2.1 Das Fotos Aéreas às Imagens Multiespectrais	34
2.2 Mecanismos de Imageamento Multiespectral	36
2.2.1 Sensores de varredura mecânica ( <i>whiskbroom</i> )	36
2.2.2 Sensores de varredura eletrônica ( <i>bushbroom</i> )	38
2.3 As Informações Contidas nas Imagens Multiespectrais da Faixa Óptica	39
2.3.1 Interação da luz solar com os materiais	41
<b>3. Sensores Imageadores na Faixa Termal (8 – 14 µm)</b>	
3.1 Temperatura e Calor	47
3.2 Leis Físicas da Radiação Termal	49
3.3 Emissividade	51
3.4 Temperatura Cinética versus Temperatura Radiométrica	54
3.5 As Imagens do Termal	55
<b>4. Sensor Radar de Abertura Sintética</b>	
4.1 Imageamento Lateral	57
4.2 Polarização da Onda	61
4.3 Geometria de Iluminação	62
4.4 Resolução Espacial	63
4.4.1 Resolução em alcance ( <i>range</i> )	63
4.4.2 Resolução azimutal	64
4.5 Radar de Abertura Sintética	66
4.6 Distorções Geométricas	67
4.7 Ruído Speckle	69
4.8 Interação do Pulso de Radar com as Superfícies dos Objetos	70

# SENSORIAMENTO REMOTO



"Obtenção de informação sobre um determinado alvo sem contato direto com ele" Rees (1990)

"É a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação"  
Lillesand e Kiefer (1994)



- É ARTE, CIÊNCIA E TECNOLOGIA de se obter informação confiável de imagens de sensores imageadores e outros, sobre a Terra e seu meio-ambiente, e outros objetos físicos e processos através de gravação, medição, análise e representação (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing).
- 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.

# FOTOGRAMETRIA & SENSORIAMENTO REMOTO

# SENSORES

## PASSIVOS & ATIVOS

ACTIVE REMOTE SENSING

VS

PASSIVE REMOTE SENSING

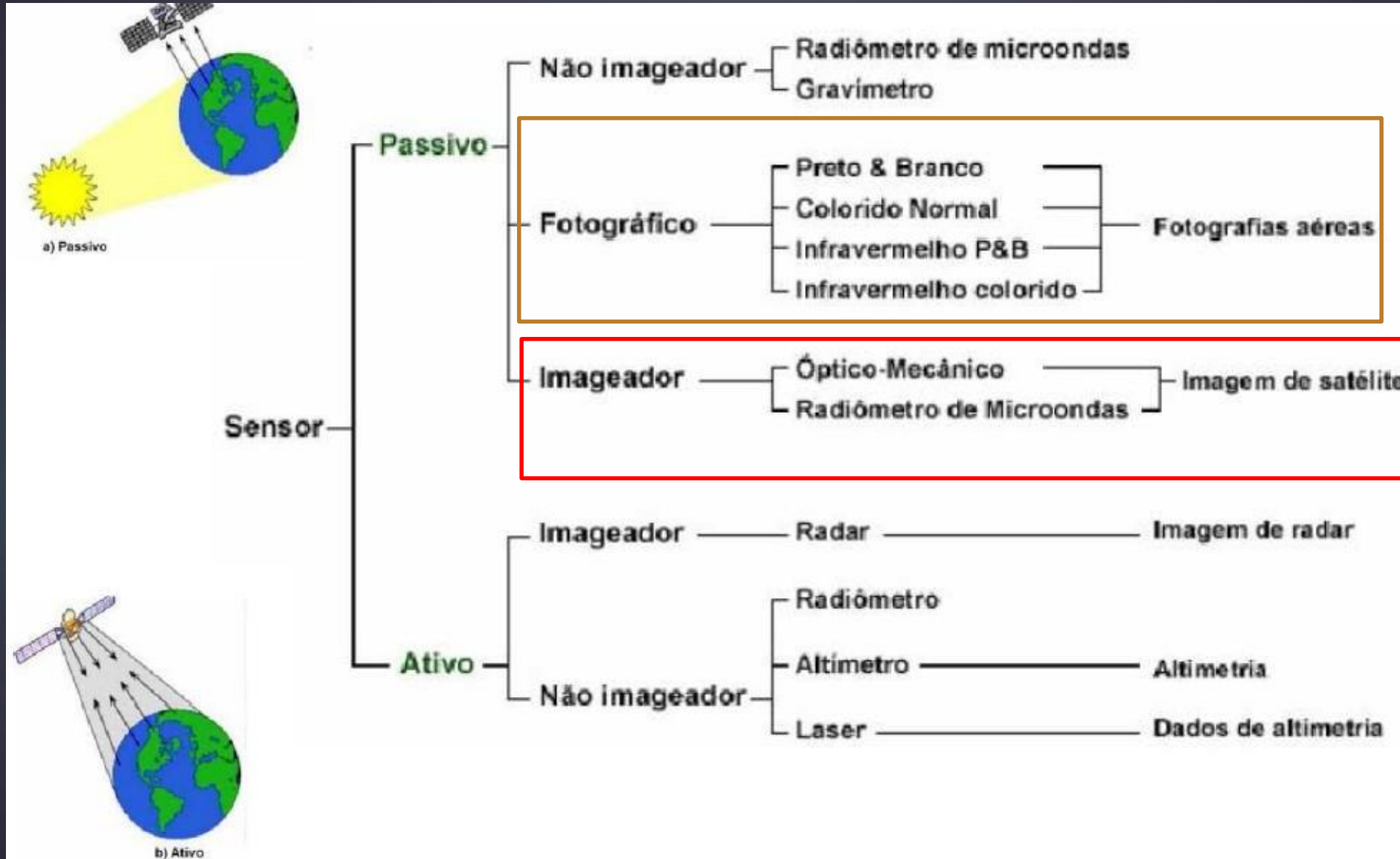


Ex: Sistemas de Radares  
RADARSAT (Canadá)  
JERS-1 (JAPÃO)  
ERS 1 E 2-(UNIÃO EUROPEIA)



Ex: A maioria absoluta  
CBERS  
SPOT  
WORDVIEW  
LANDSAT

# SISTEMA SENSORES



Analógico

Analítico

Digital

# SENSORES IMAGEADORES

“Detectar e registrar a radiação eletromagnética, em determinada faixa do espectro eletromagnético, e gerar informações passíveis de interpretação:

Localização (x e y)

Batimetria: elevação (z)

Cor de objetos

Característica de absorção e reflexão de REM

Textura ou rugosidade da superfície.



LIDAR  
(Laser Scanner 3D)



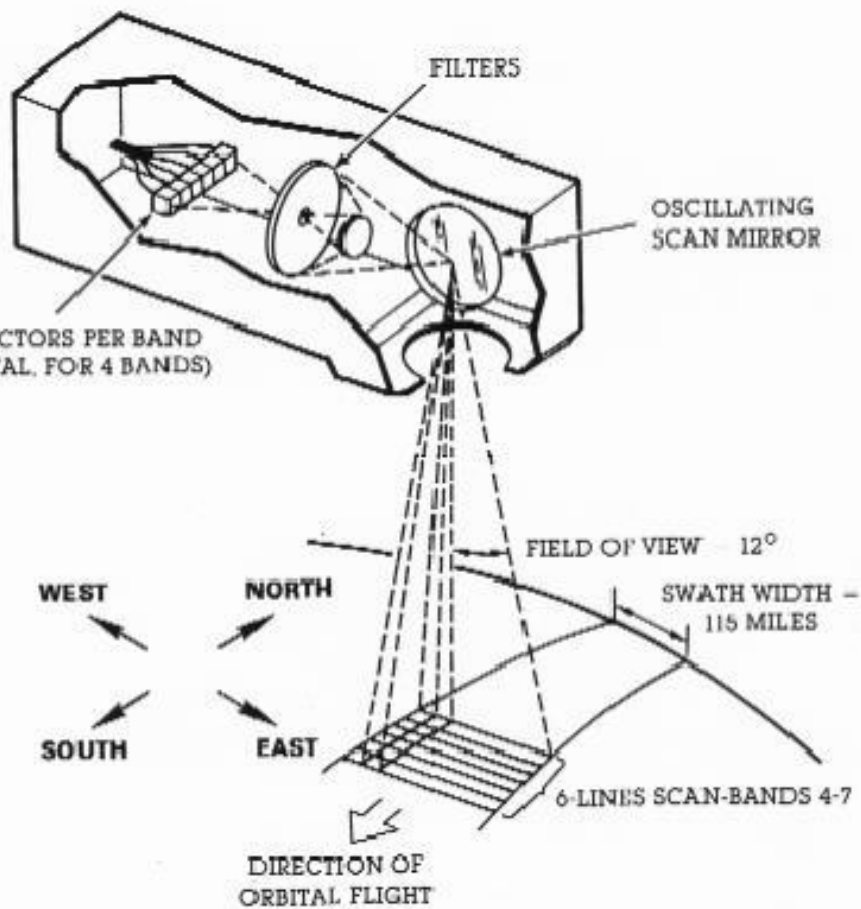
Câmeras Digitais  
(RGB)



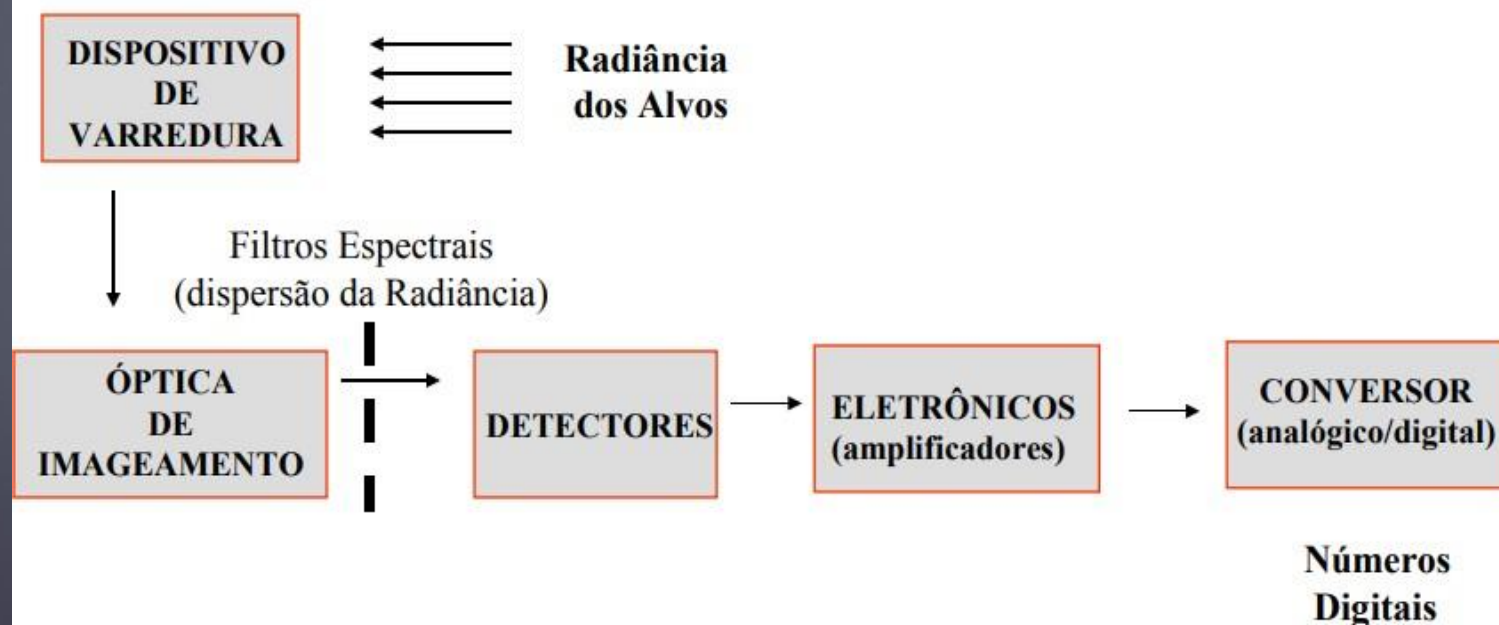
Câmeras Hiperespectrais  
(220 bandas)



# CARACTERÍSTICA SENSORES IMAGEADORES ORBITAIS



## Funcionamento do sensores Passivos



# PLATAFORMAS

## Veículos Aéreos Pilotados e Não-Pilotados



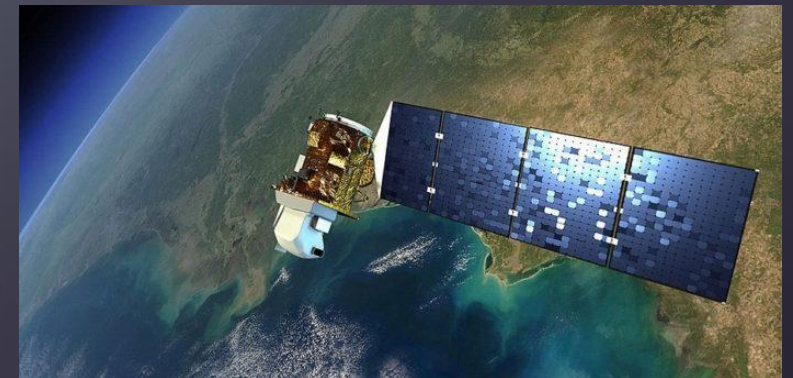
## Sensores Estacionários



## Veículos Terrestres

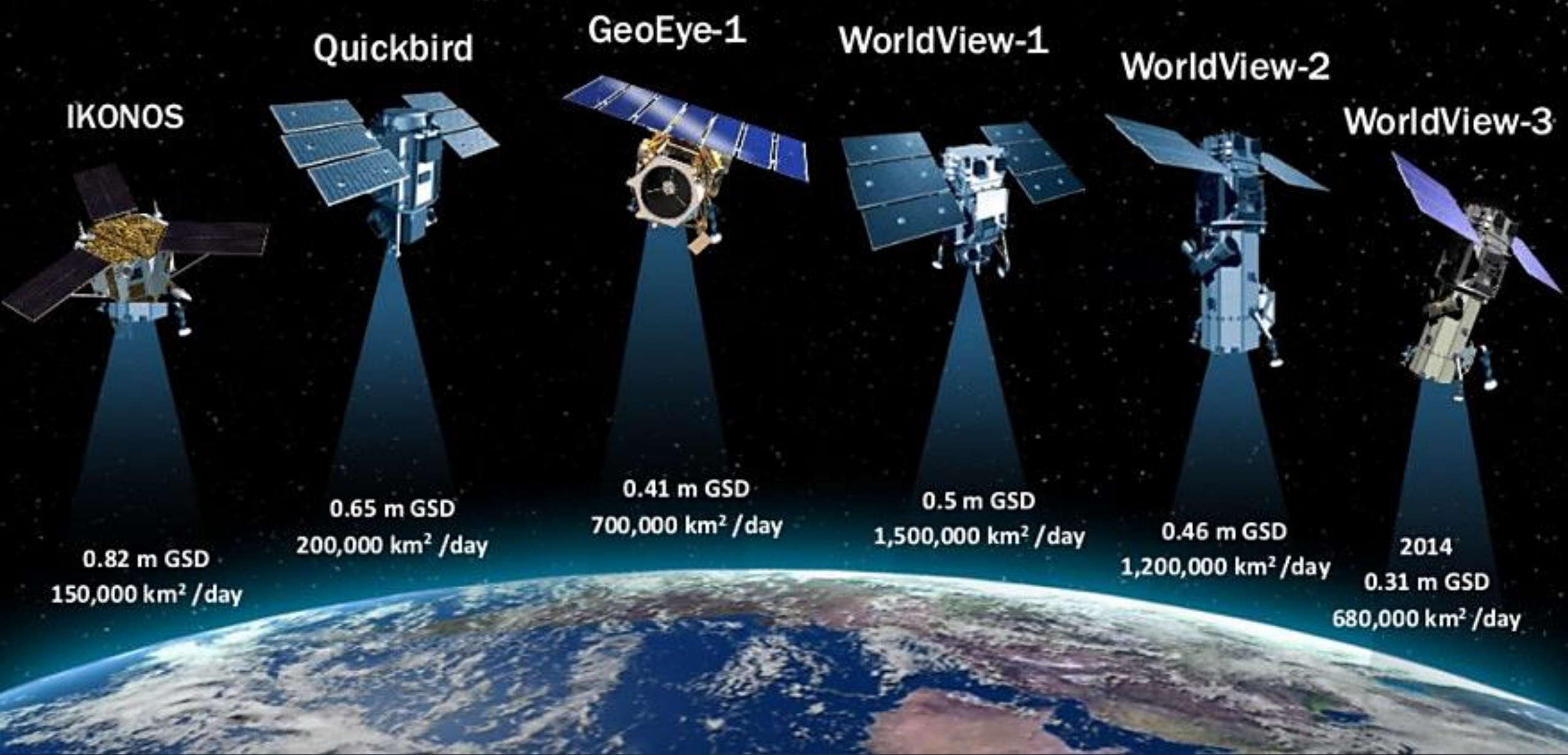


## Satélites



# SATÉLITES





# Satélites

# Sistemas orbitais geo-estacionários (geo-síncronos)

Satélites  
Meteorológicos

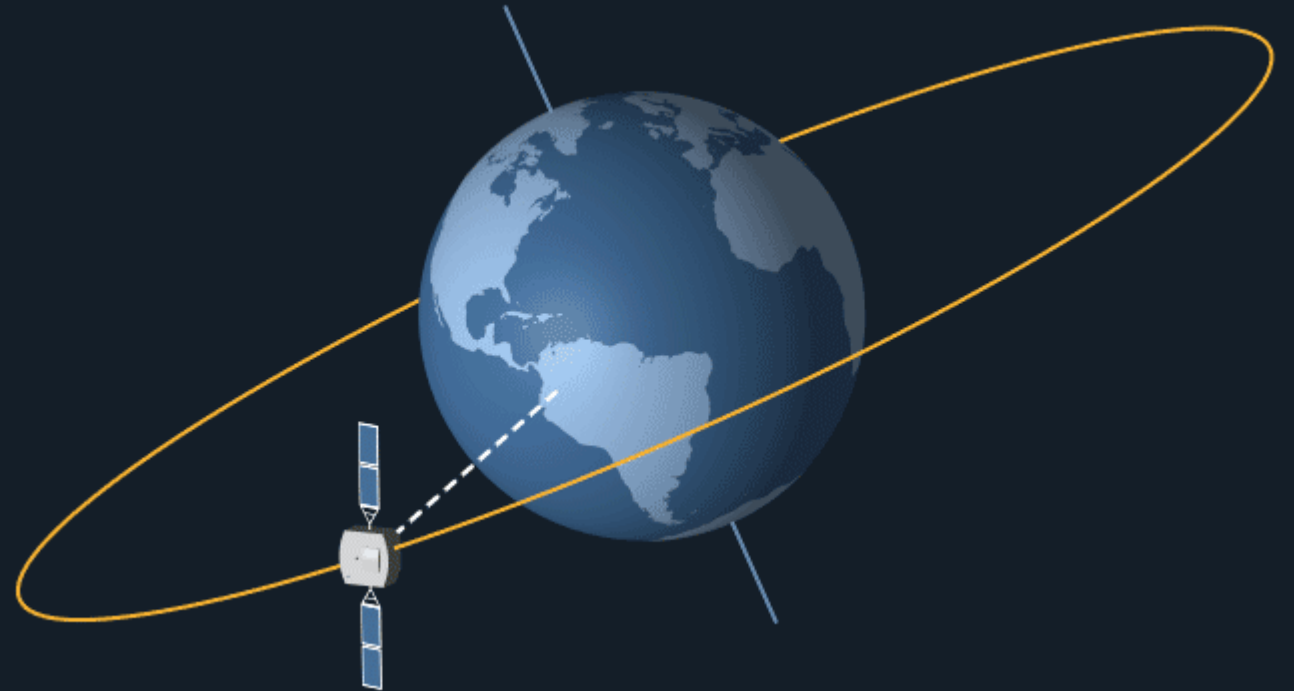
(METEOSAT,  
GOES)

Elevada  
Resolução  
temporal

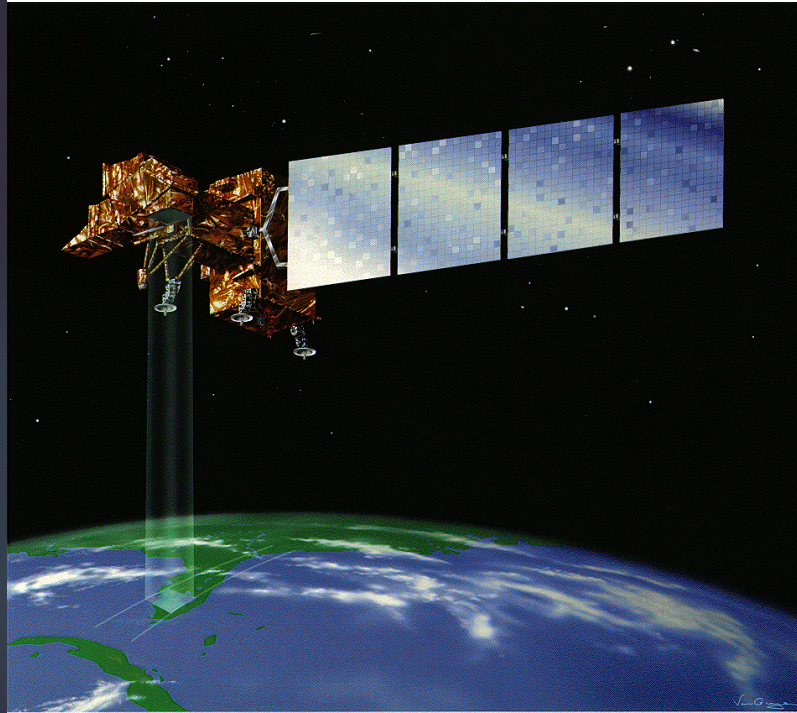
(1 imagem  
a cada 15  
minutos)

Baixa Resolução  
Espacial

(1 - 13 km)

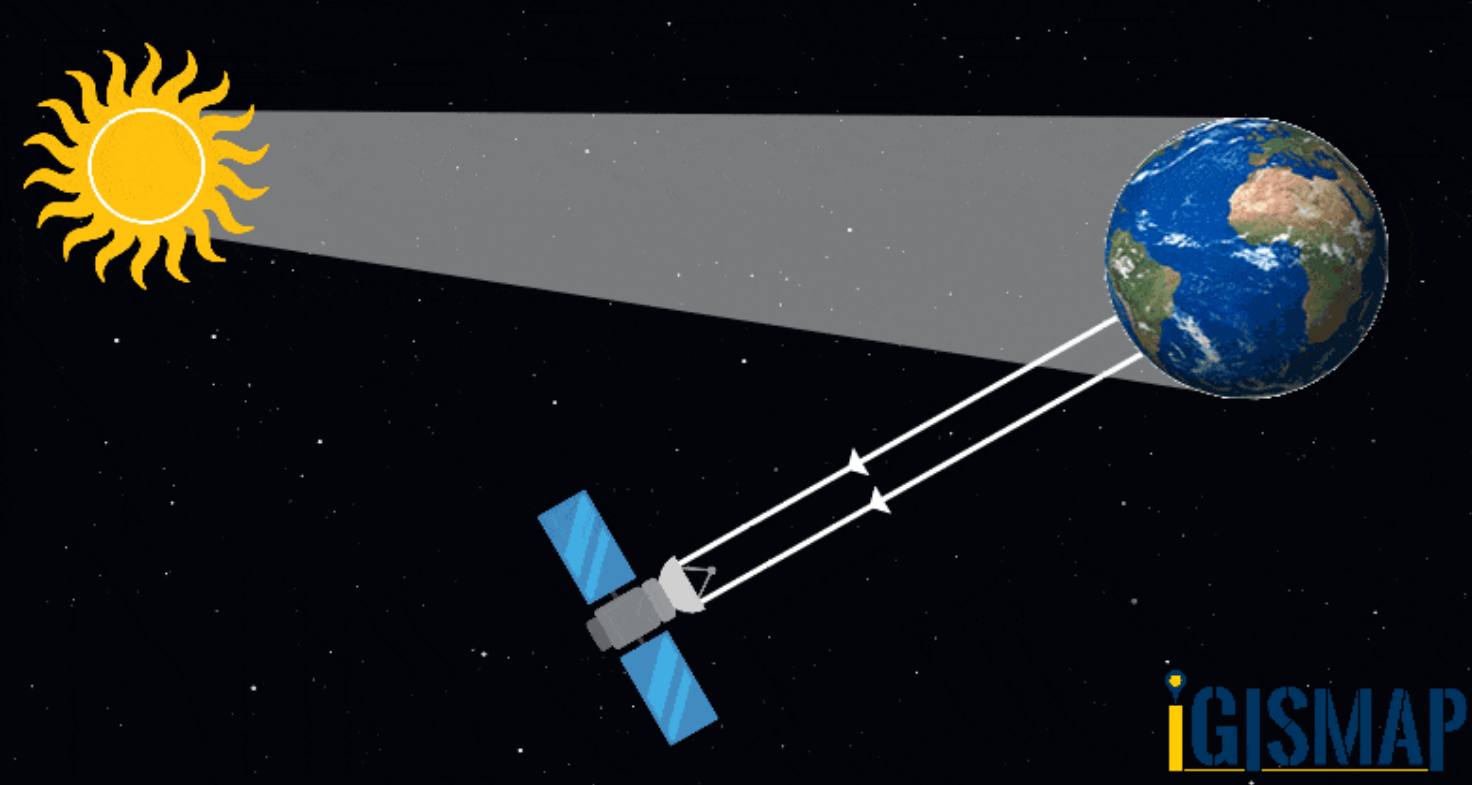


# Sistemas orbitais Sol-síncronos



**Landsat 7**





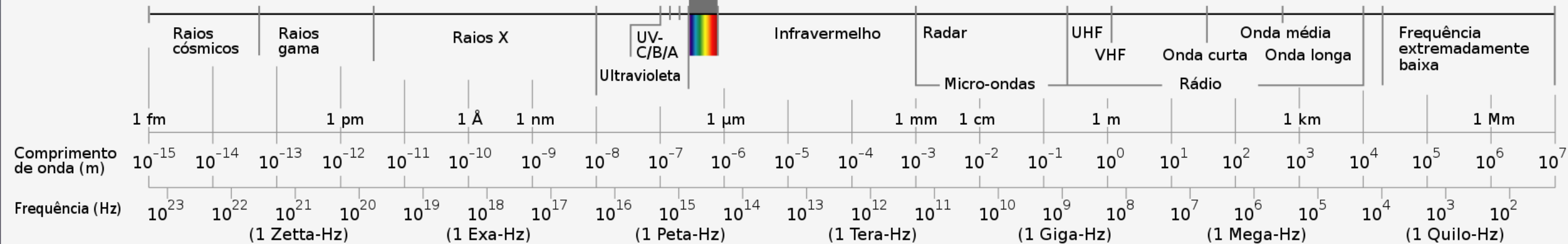
# SENSORES PASSIVOS

# O OLHO HUMANO



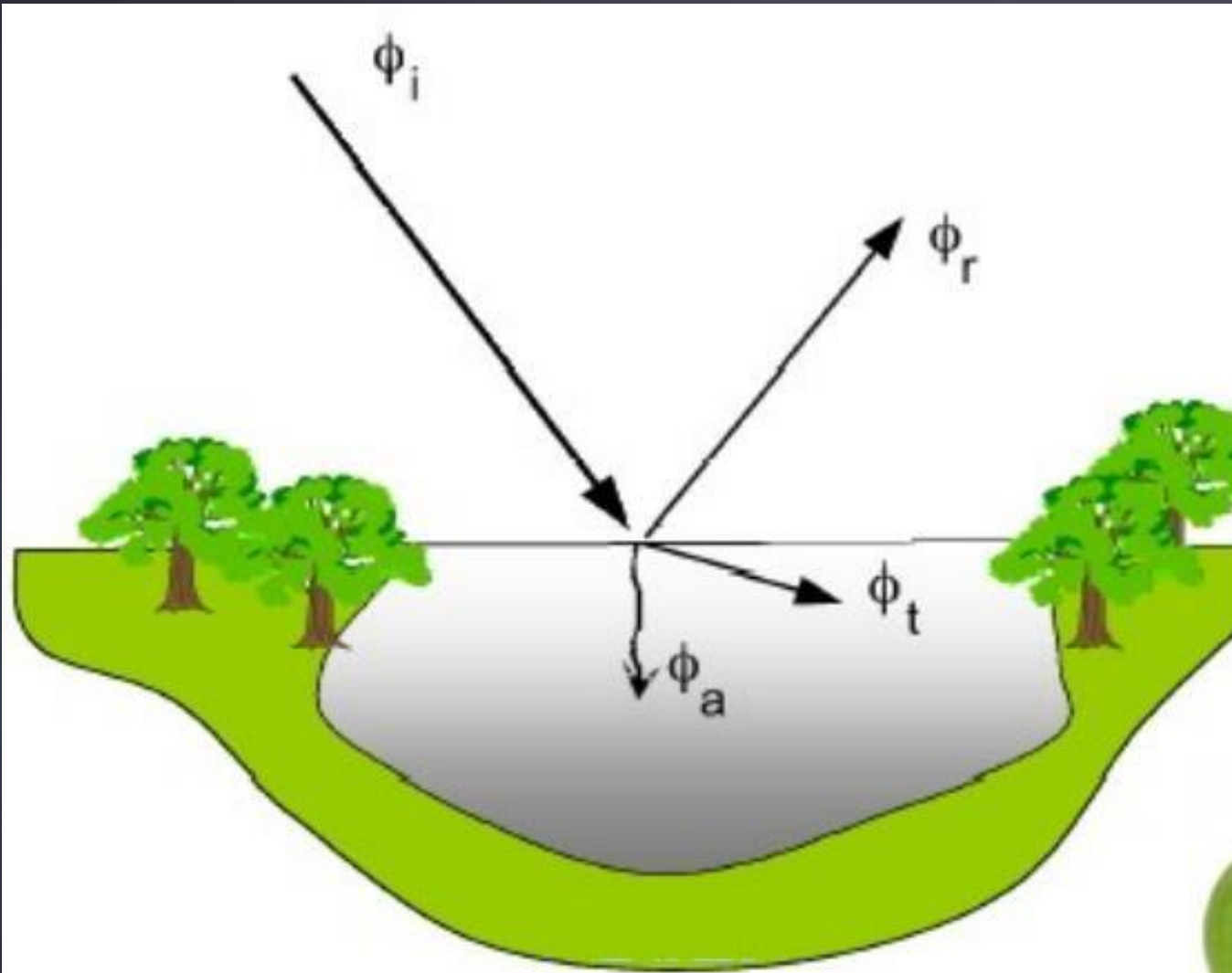
→ Reflexão em todos os Comprimentos Onda

## Espectro visível pelo olho humano (Luz)





# INTERAÇÃO DA REM COM A SUPERFÍCIE

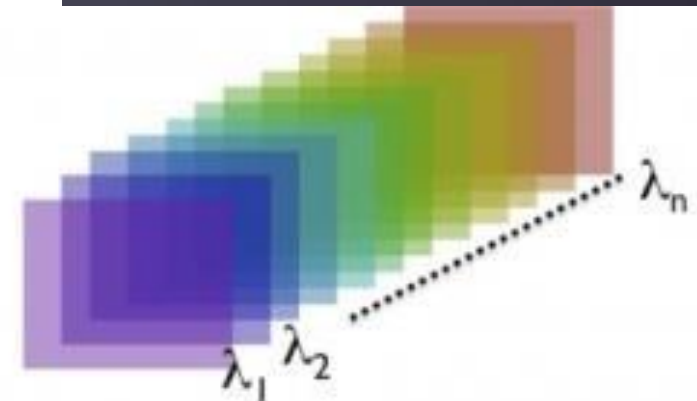
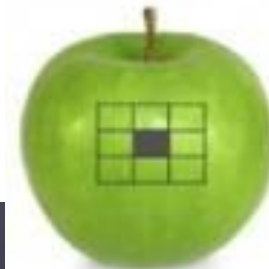


$$\phi_i = \phi_r + \phi_a + \phi_{tr}$$

$$\frac{\phi_i}{\phi_i} = \frac{\phi_r}{\phi_i} + \frac{\phi_a}{\phi_i} + \frac{\phi_{tr}}{\phi_i}$$

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

$$1 = \rho_\lambda + \alpha_\lambda + \tau_\lambda$$



# COMPORTAMIENTO ESPECTRAL



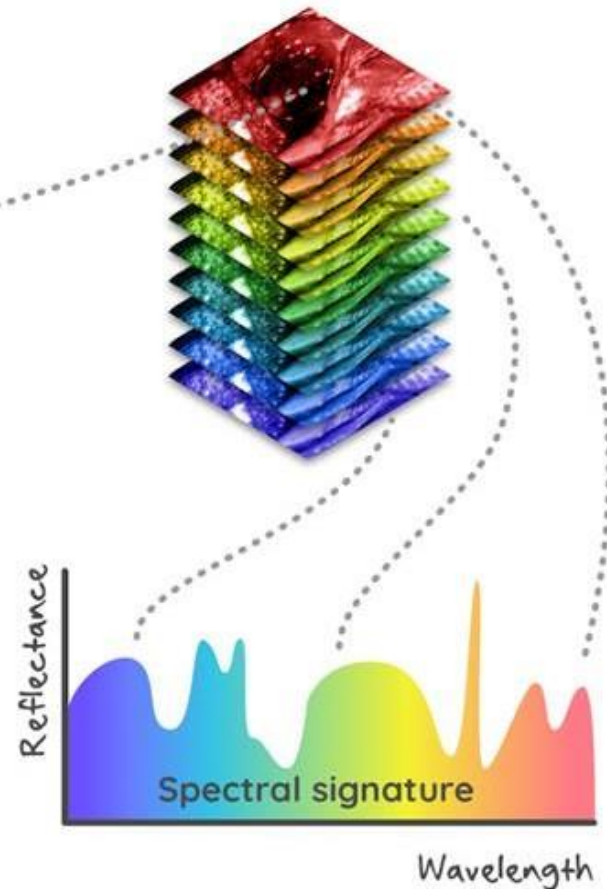
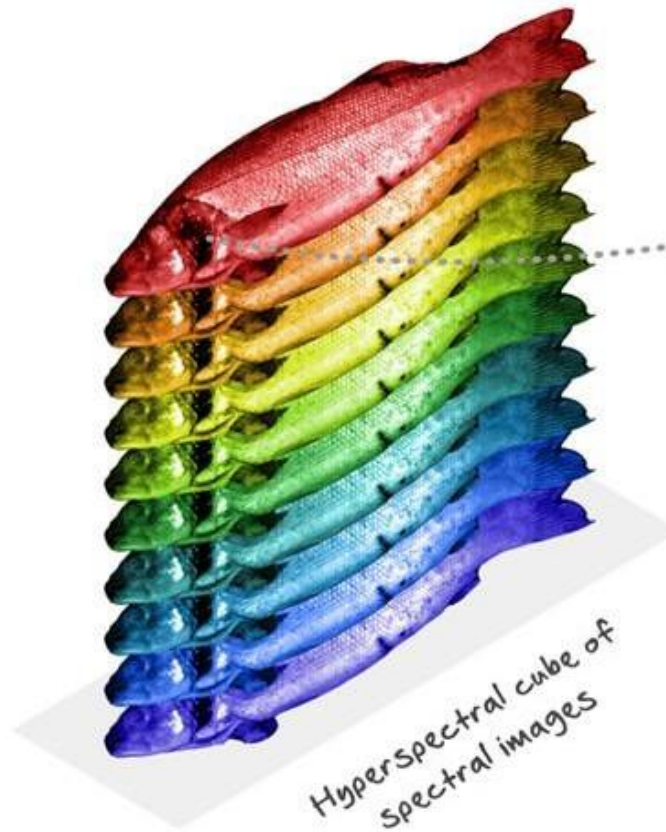
Human eye

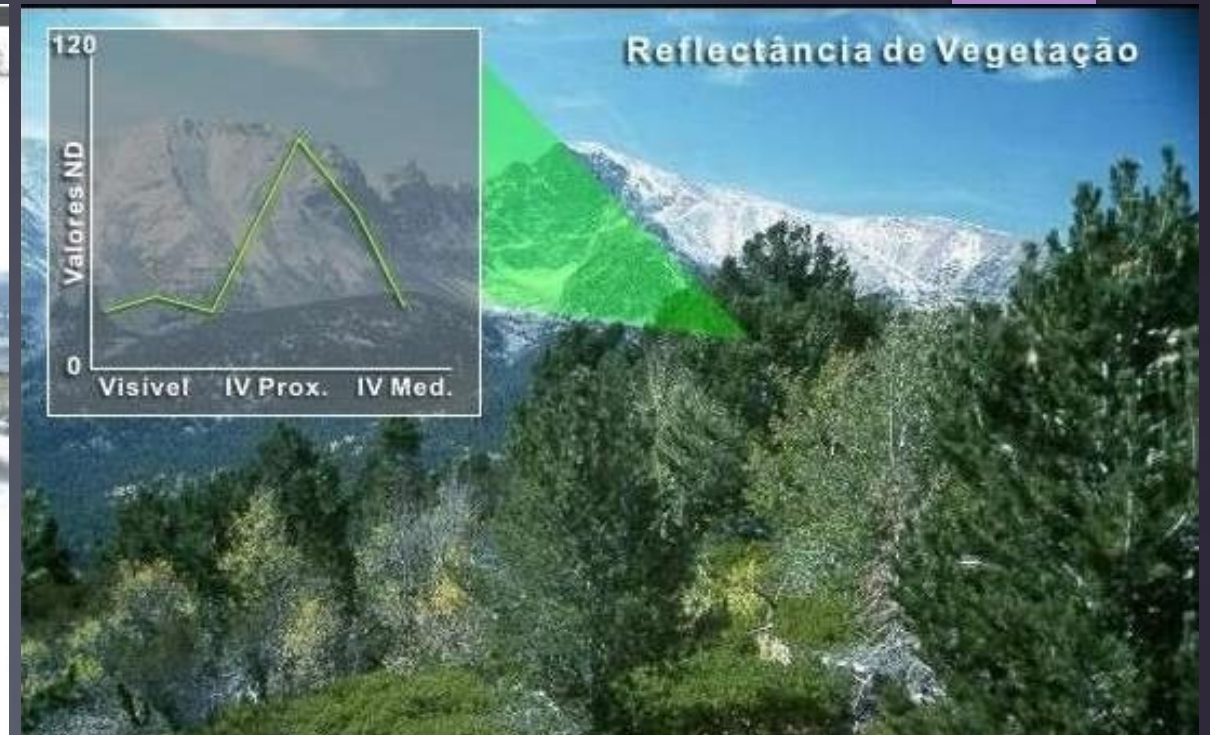
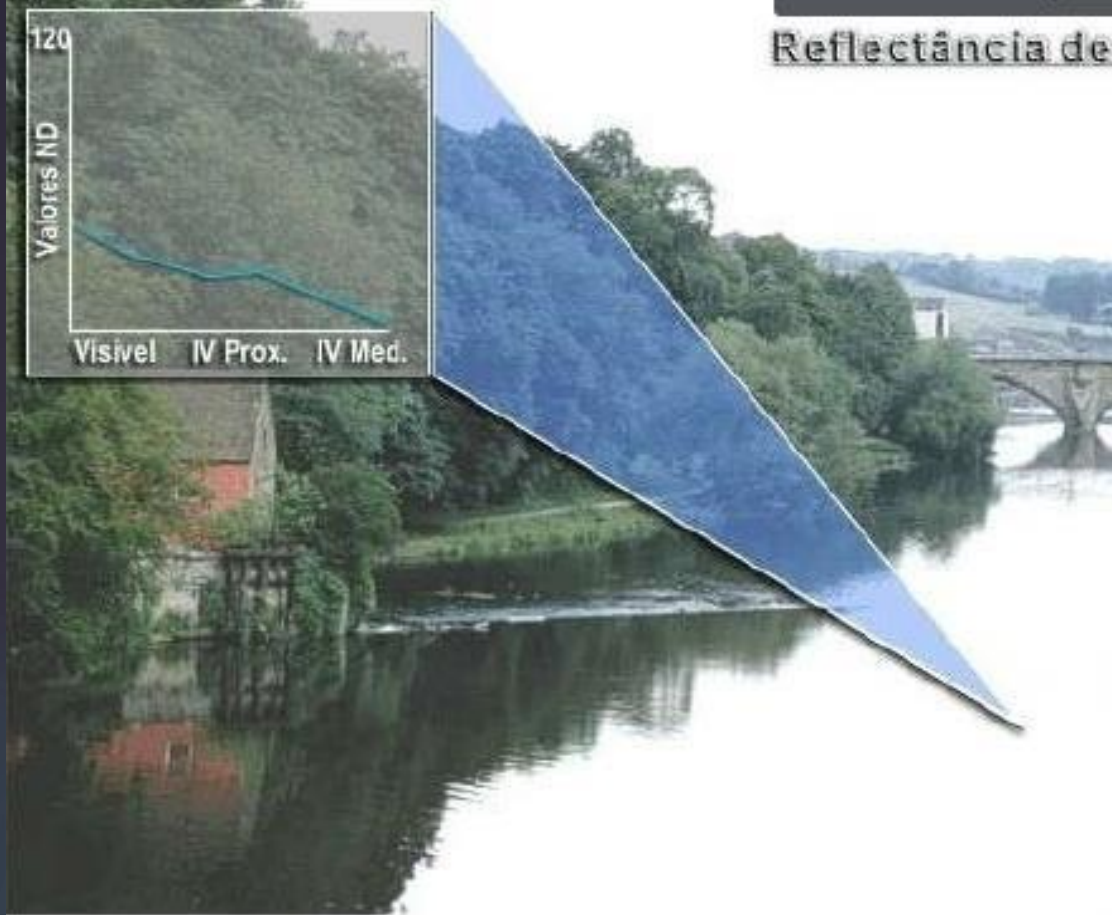


Hyperspectral camera

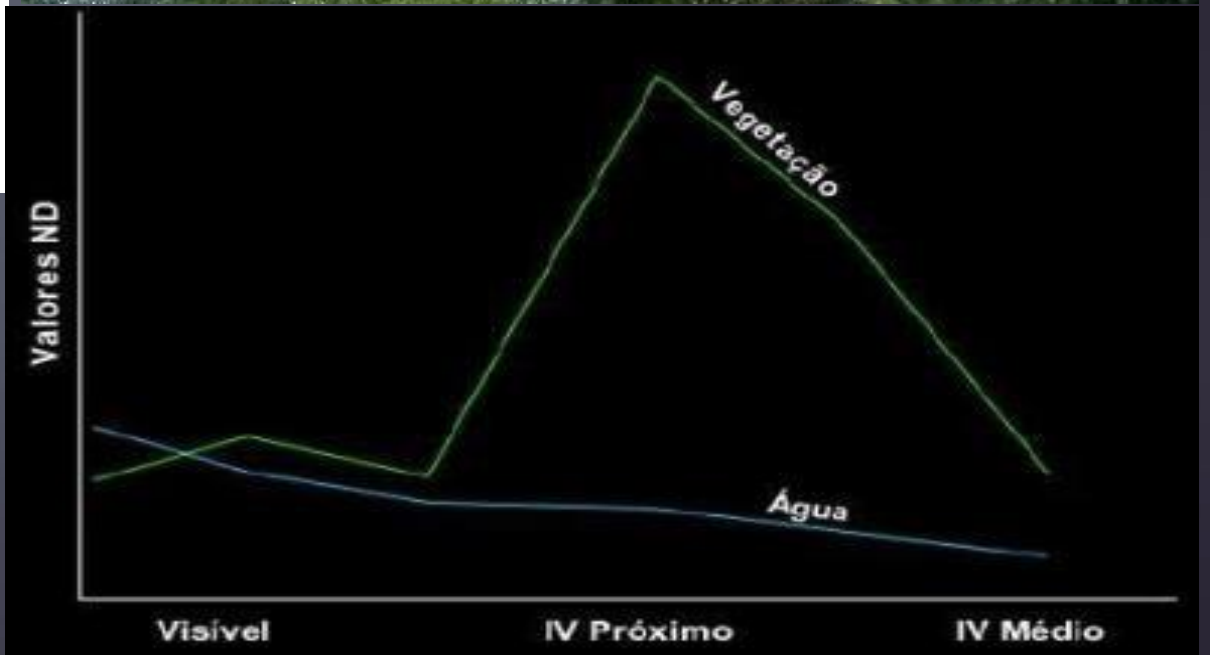


Hyperspectral image





# Reflectância & Assinatura Espectral



# Comportamento Espectral de pavimentos asfálticos

## Understanding spectral characteristics of asphalt roads

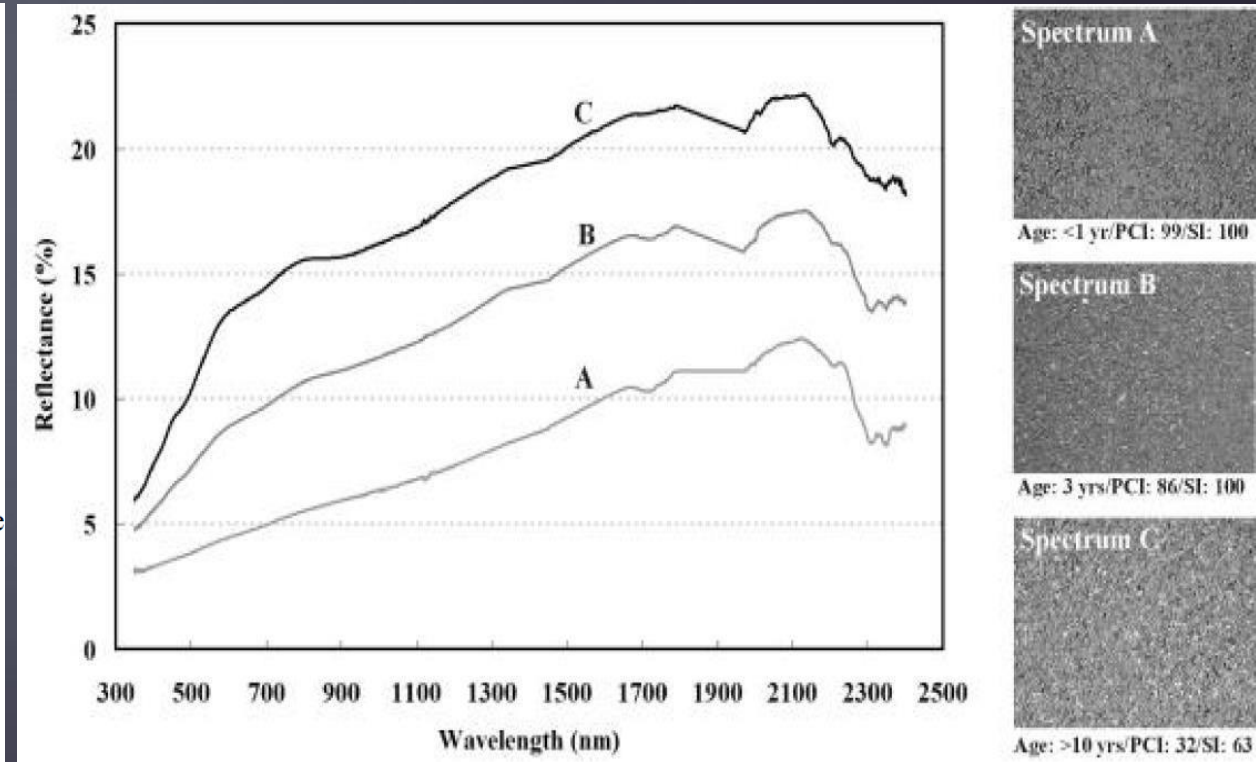
Martin Herold

National Center for Remote Sensing in Transportation (NCRST)  
University of California Santa Barbara (UCSB)

May 2004

### Introduction

The quality standards for transportation infrastructure have evolved considerably over the last three decades. The data accuracy requirements to support related management efforts shrink from tens of meters to a few decimeters with annual update rates. Recent advances in hyperspectral remote sensing technology have shown capabilities to derive physical and chemical material properties on a very detailed level (Clark, 1999). Consequently one would raise the questions: Are asphalt road surface conditions reflected in the spectral characteristics of these surfaces? The Santa Barbara asphalt road spectra library was developed to provide generic understanding about the spectral properties of road surfaces in various conditions and with different distresses. The following presentations and interpretations represent a subset of this spectra library and should support remote sensing researchers, transportation scientist and others in their study of road surface



# CARACTERÍSTICAS DE PINTURA E DEFEITOS EM PAVIMENTOS

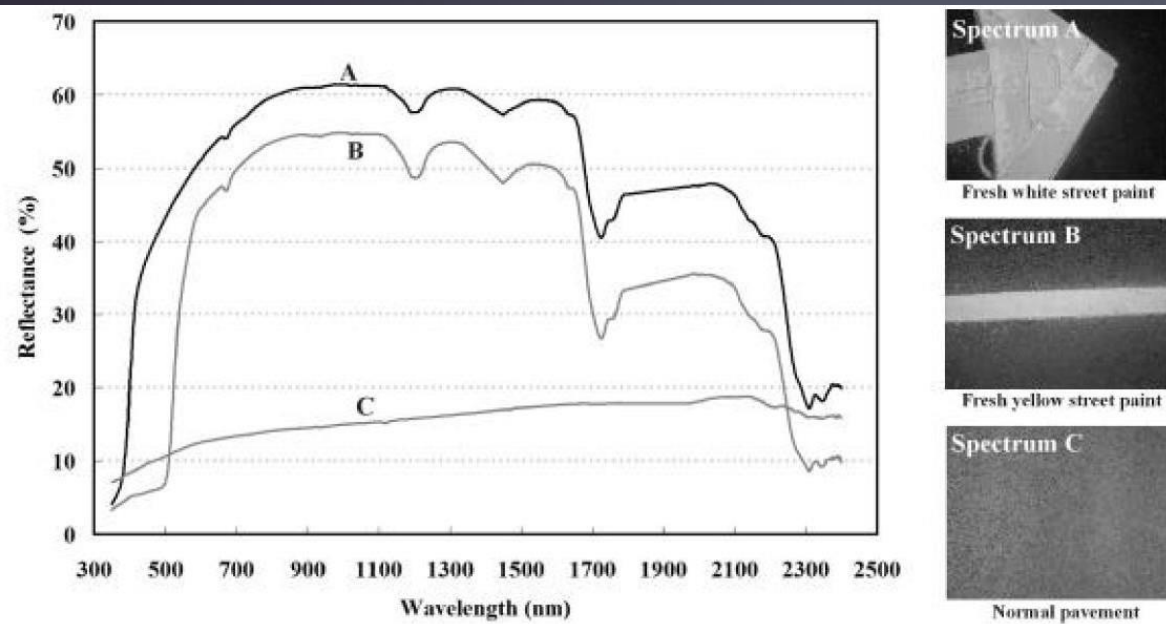
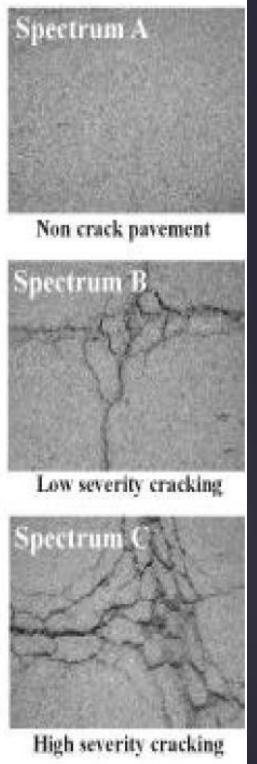
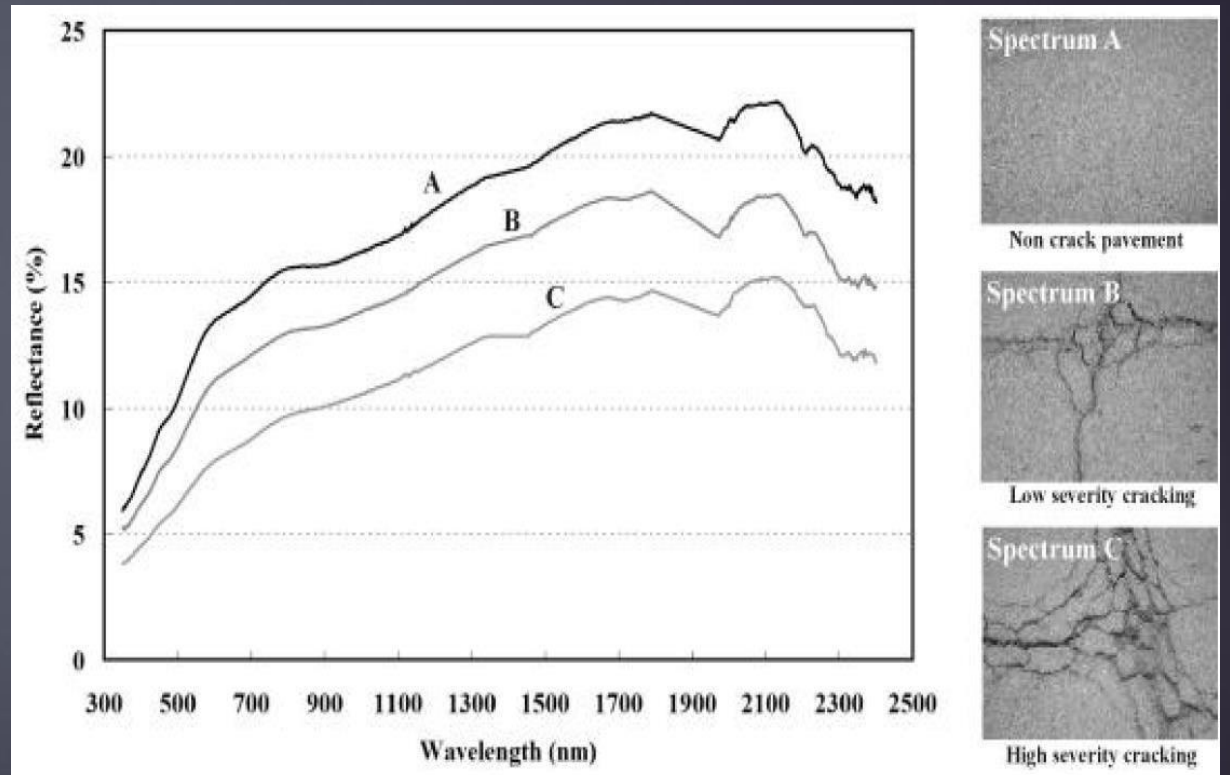
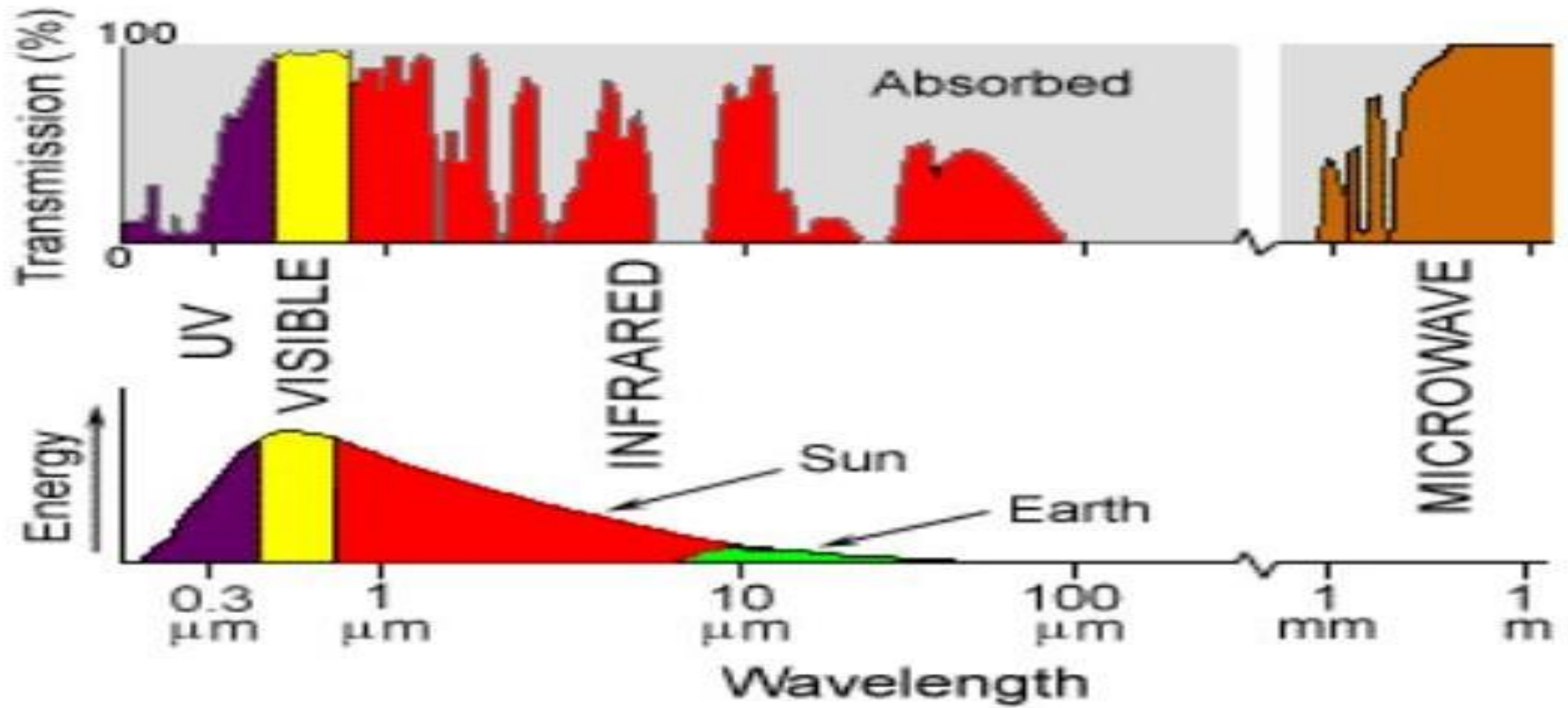


Figure 2: Spectral characteristics of street paint in different color versus asphalt pavement from the ASD ground spectral measurements (the major water vapor absorption bands are interpolated).

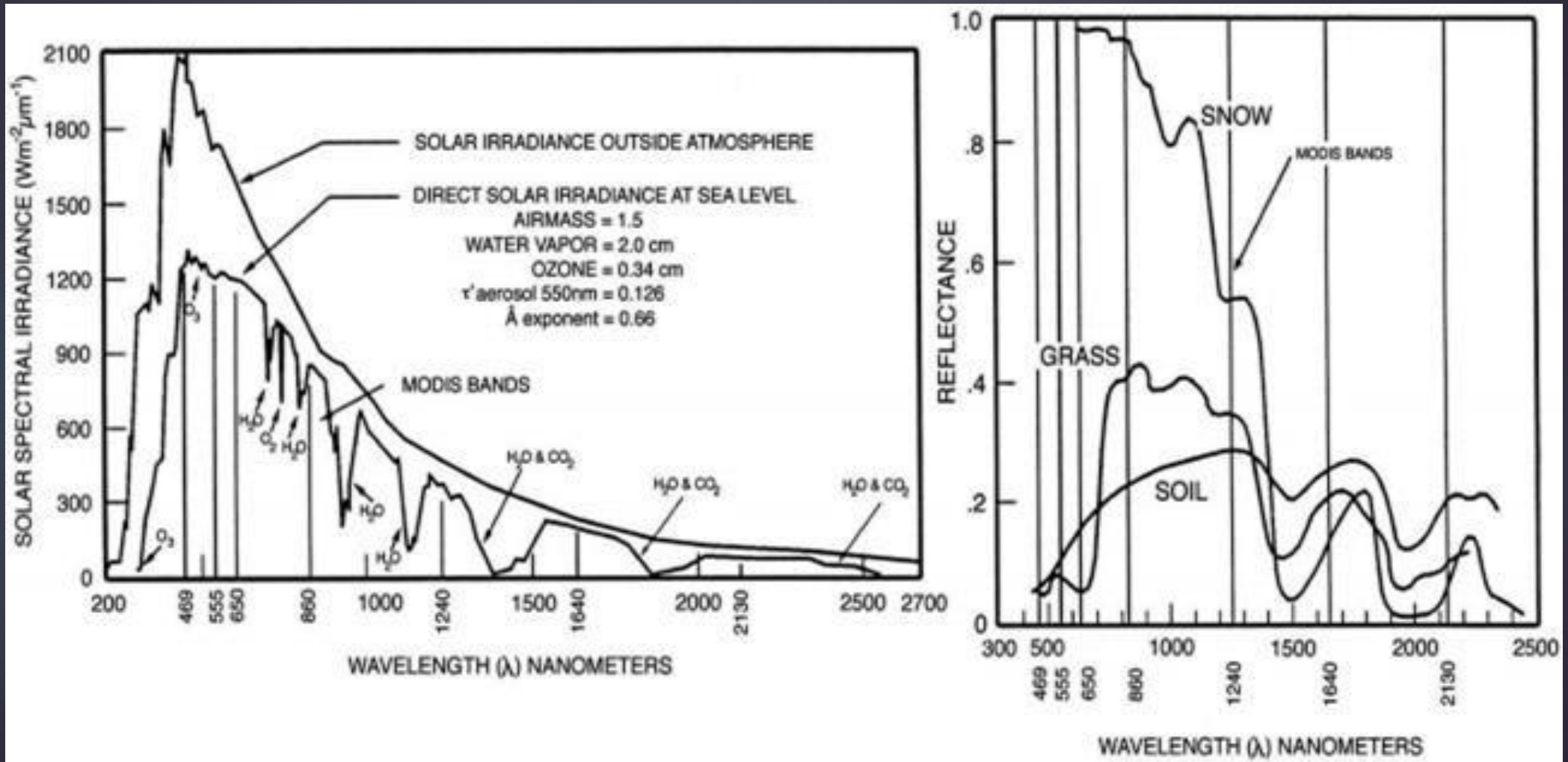


# Espectro Eletromagnético - REM

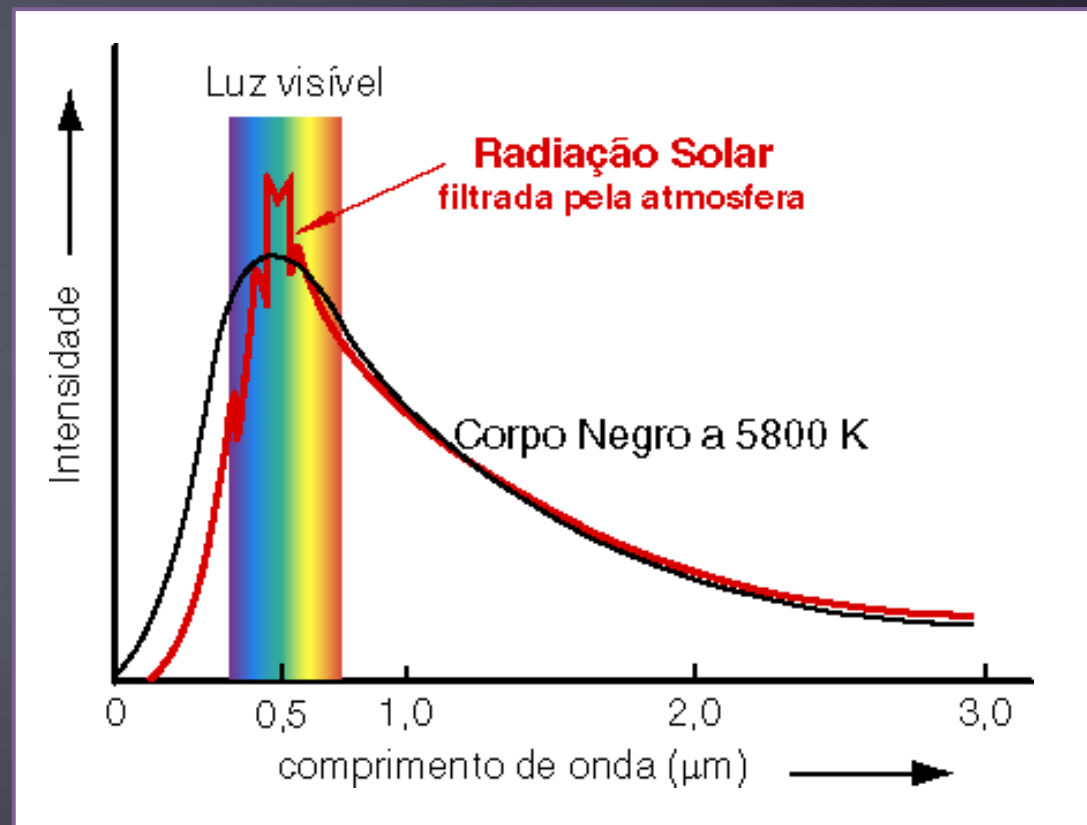
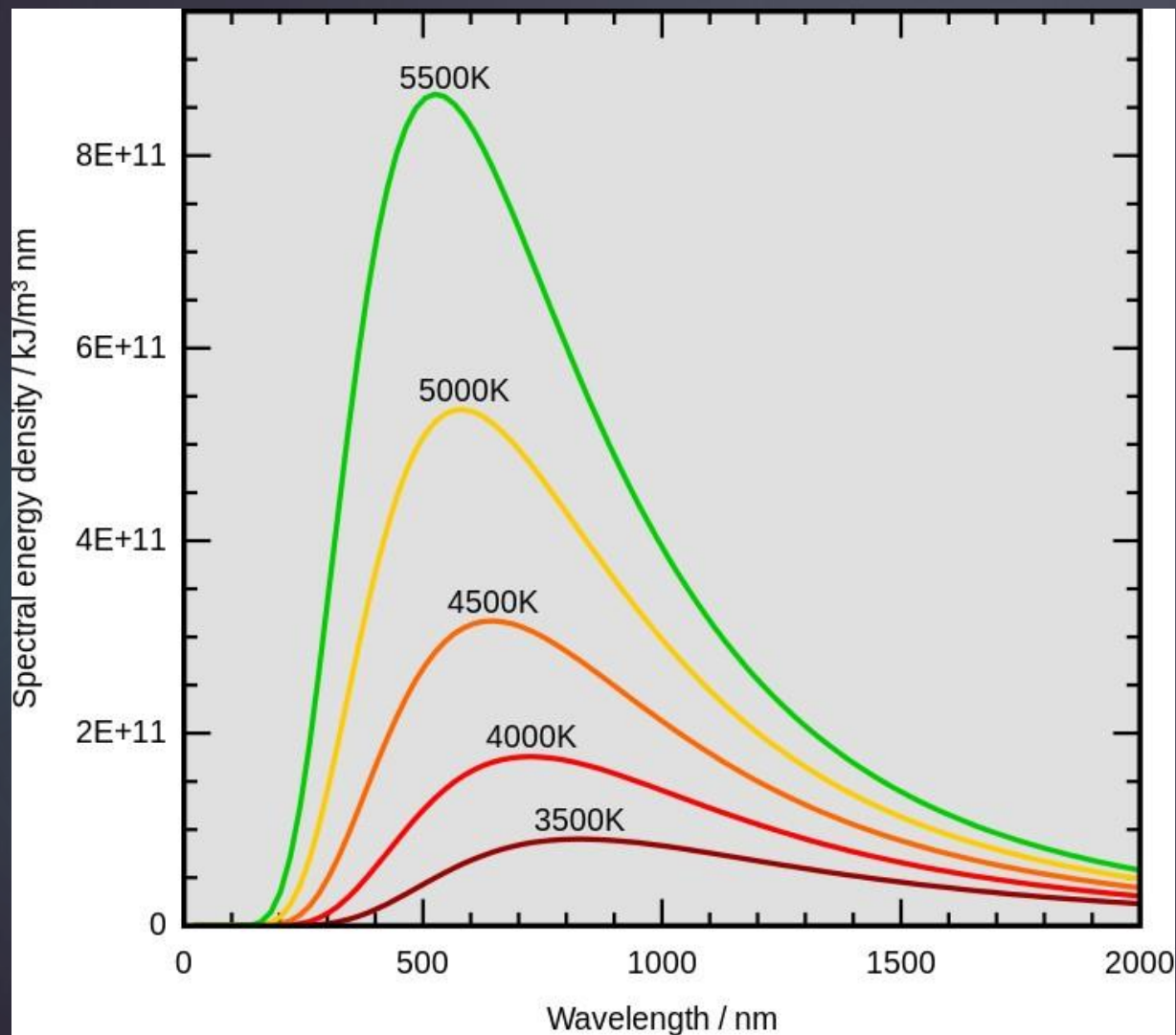


# REM - “JANELAS ATMOSFÉRICAS”

“regiões do espectro eletromagnético onde a absorção atmosférica é muito pequena. Nestas regiões a atmosfera é quase transparente à energia eletromagnética”

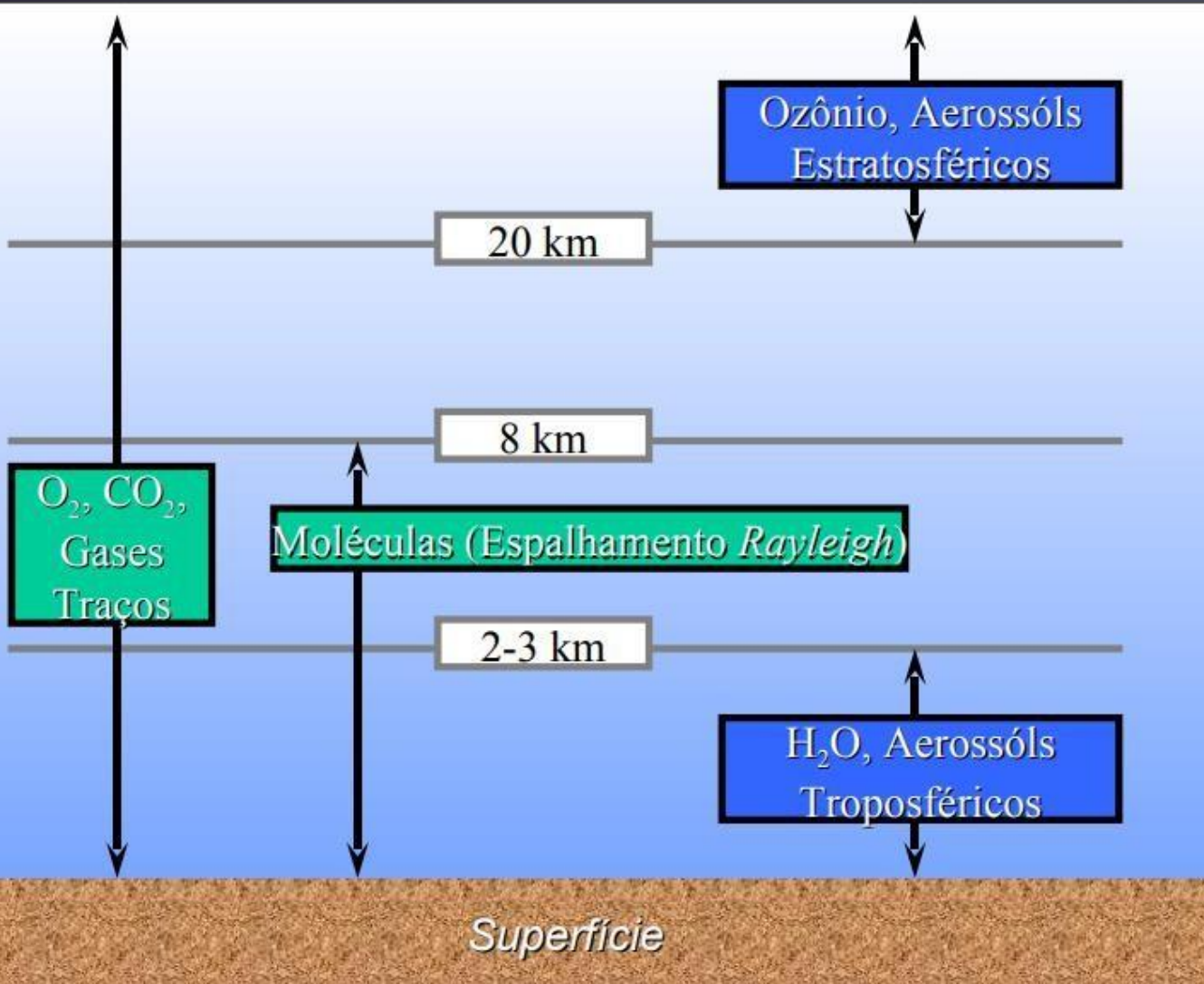


# Curva de Emissão da Energia Solar





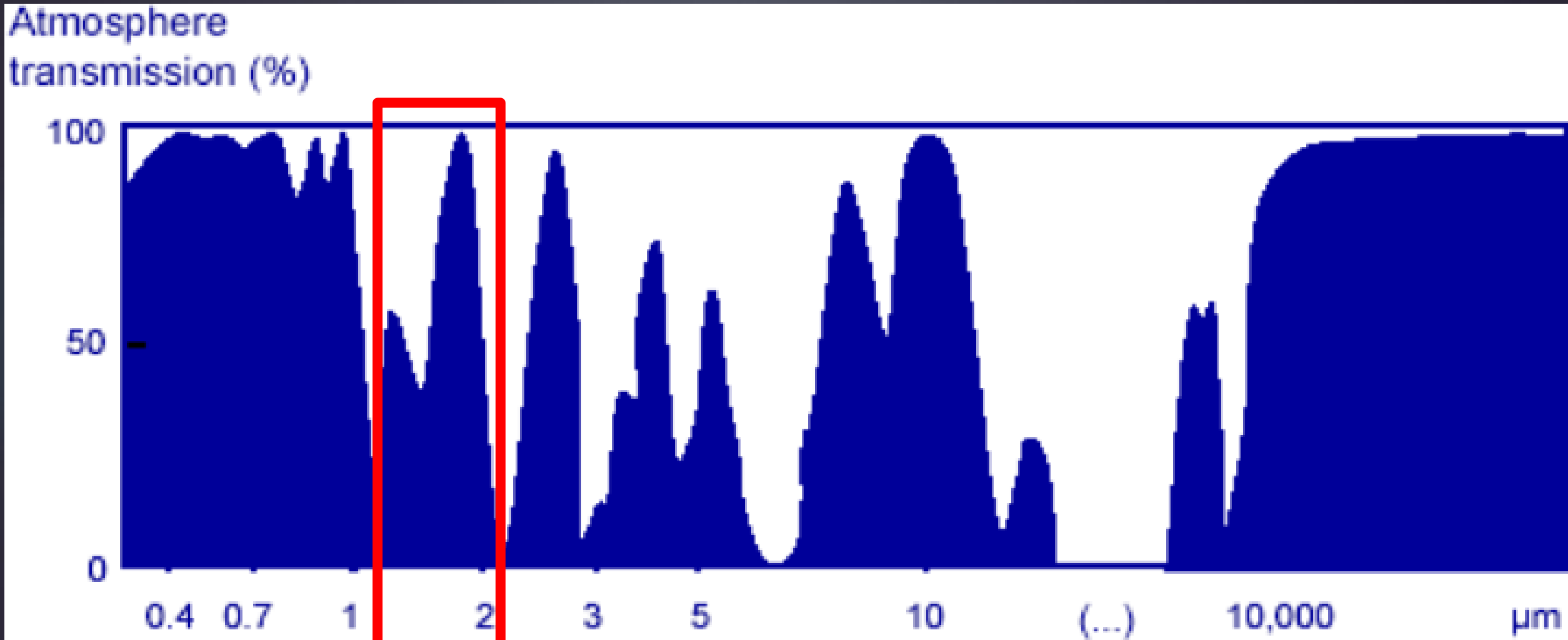
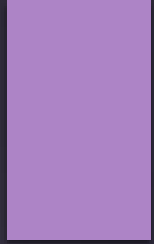
# Efeitos Atmosféricos



A distribuição da energia solar na superfície terrestre é influenciada por:

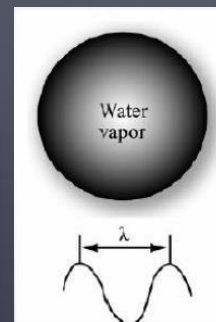
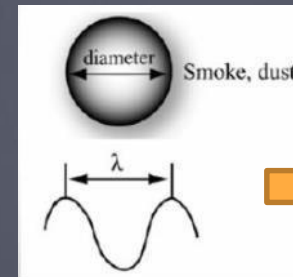
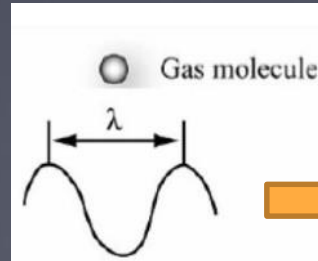
- espalhamento atmosférico por moléculas e particulados,
- absorção gasosa (7 gases na região de 0.4 a 2.5  $\mu\text{m}$ )
  - Vapor d'água (H<sub>2</sub>O),
  - Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>),
  - Ozônio (O<sub>3</sub>),
  - Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O),
  - Monóxido de carbono (CO),
  - Metano (CH<sub>4</sub>),
  - Oxigênio (O<sub>2</sub>)

# Absorção por água 1,45 e 1,95 $\mu\text{m}$




# Espalhamento atmosférico


É um fenômeno que ocorre quando partículas da atmosfera (gases e aerossóis) modificam a direção de propagação da radiação eletromagnética (REM) aleatoriamente, dispersando-a em todas as direções, sem que haja mudança no seu comprimento de onda.




**Espalhamento Rayleigh**

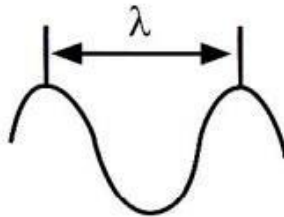
a.  Molécula de gás

**Espalhamento Mie**

b.  Fumaça, poeira

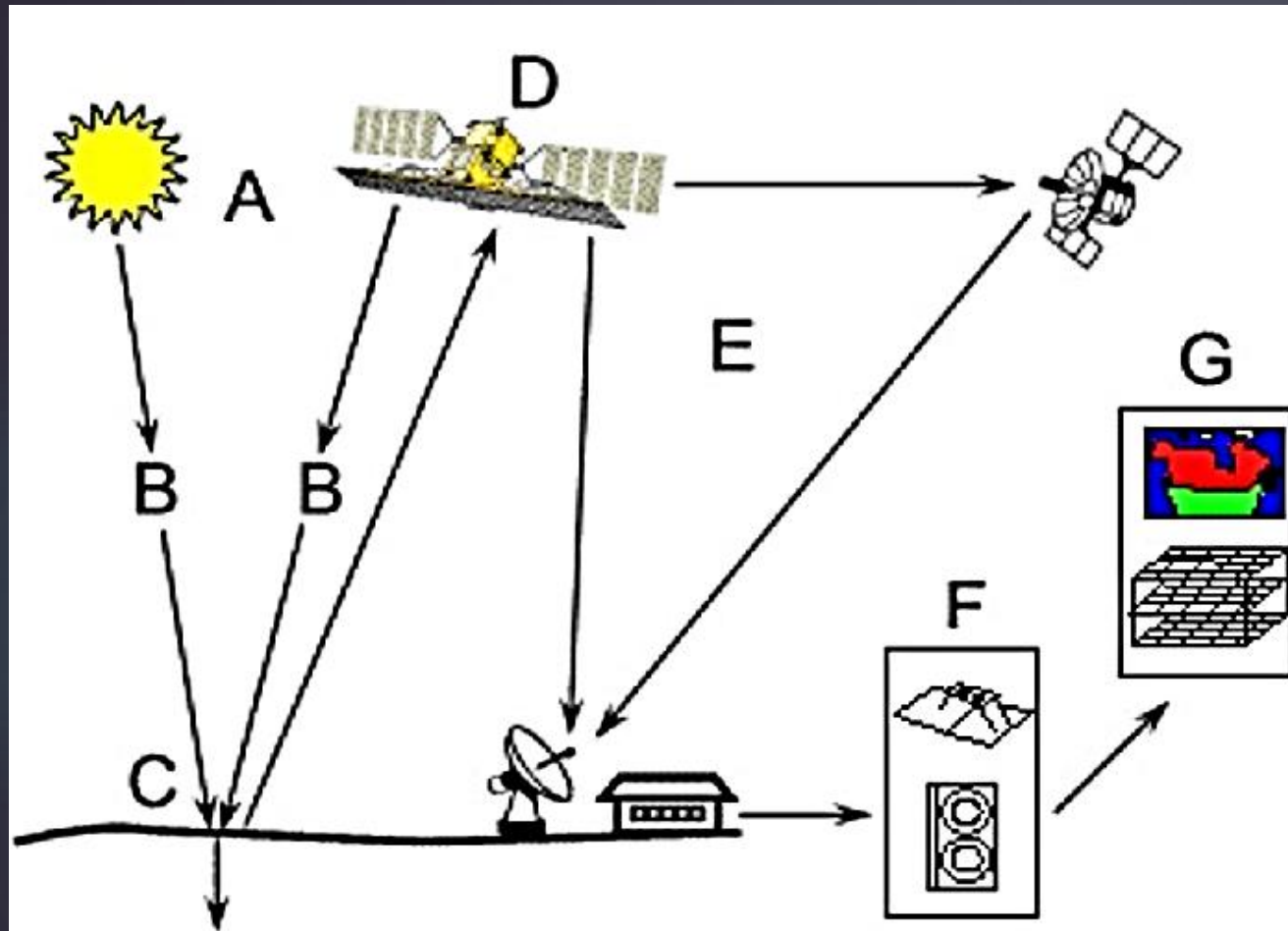
**Espalhamento Não-seletivo**

c.  Vapor d'água

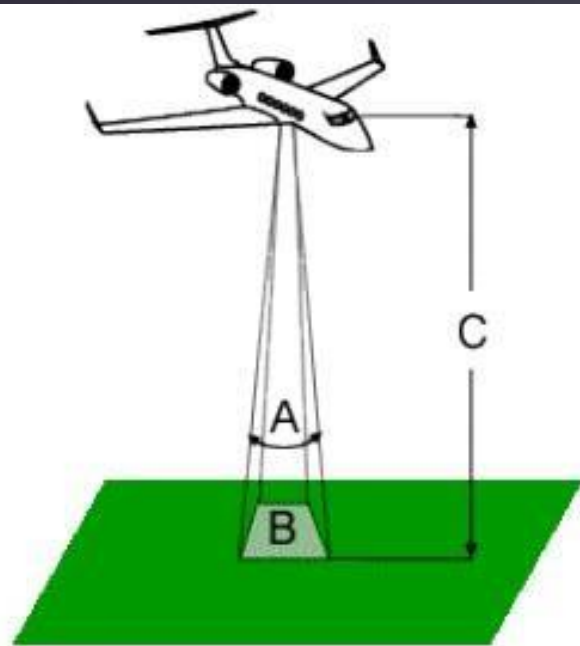


Fóton de energia eletromagnética modelado como uma onda

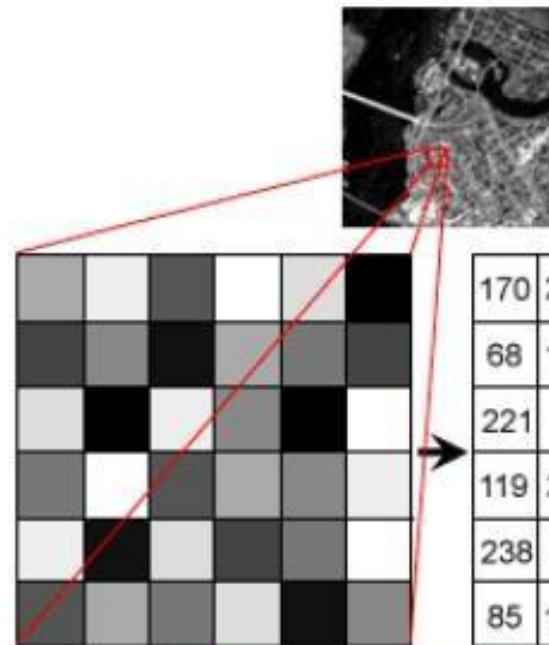
# O Processo



- Fonte de energia ou iluminação (A)
- Radiação e atmosfera (B)
- Interação com o alvo (C)
- Registro da energia pelo sensor (D)
- Transmissão, recepção e processamento (E)
- Interpretação e análise (F)
- Aplicação (G)



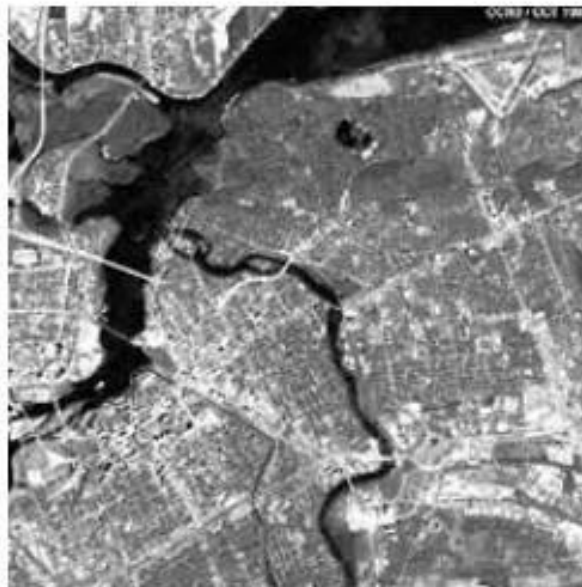
“Campo de Visada Instantânea” (IFOV)



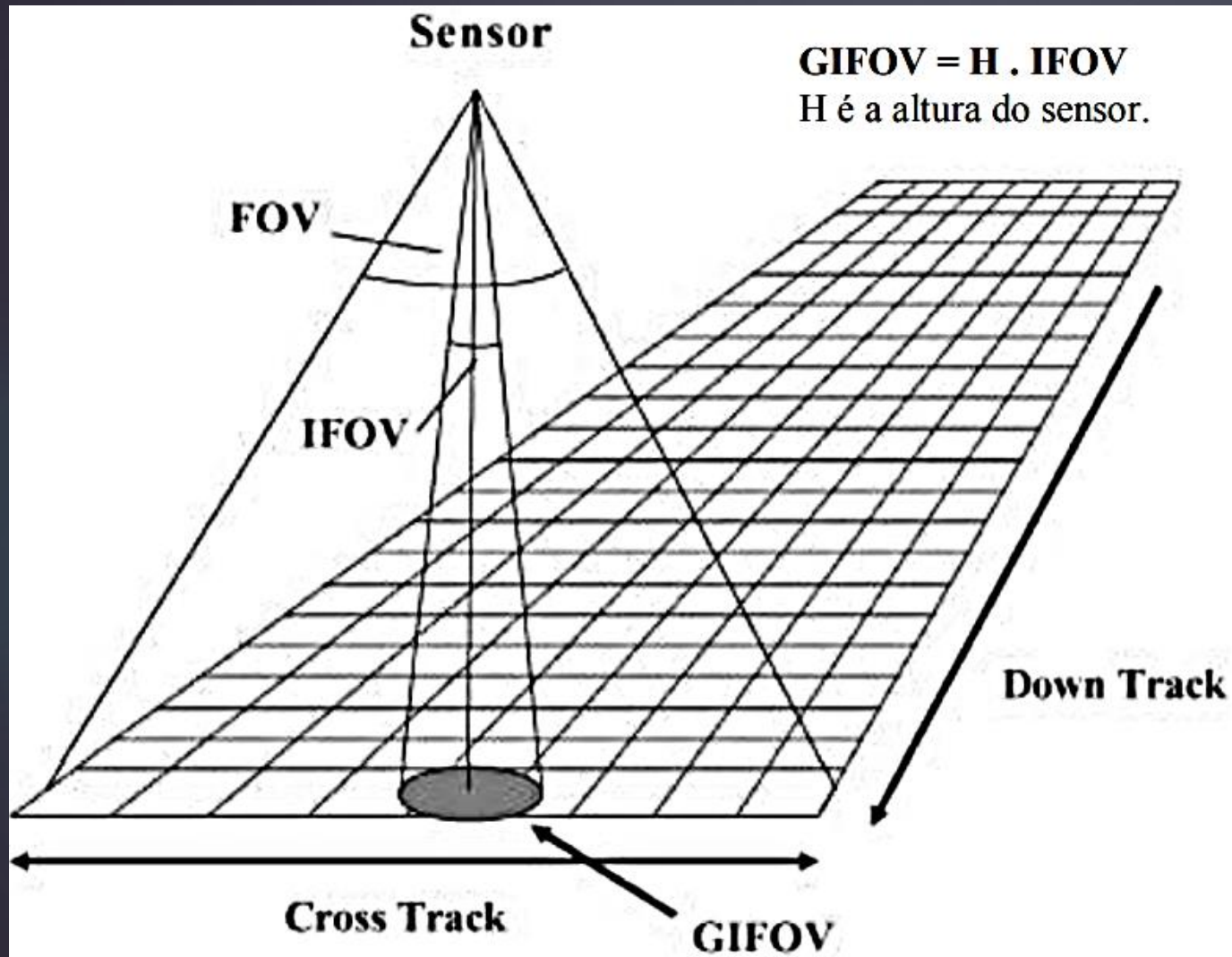
PIXELS

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

Numeros Digitais (DN)



# Resolução Espacial



$$\text{GIFOV} = H \cdot \text{IFOV}$$

H é a altura do sensor.

FOV = Field of View;  
IFOV = Instantaneous Field of View;  
GIFOV = Ground Instantaneous Field of View.

→ O IFOV representa o tamanho do *pixel* no terreno.

Este ângulo do IFOV define a área do terreno focalizada a uma dada altitude pelo instrumento

# Imagens no Google Earth



Landsat 30m



SPOT 2,5m



Fotografias aéreas



Quickbird 0,6m



GeoEye 0,5m

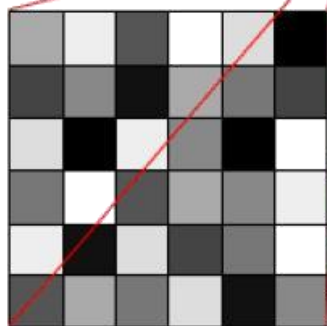
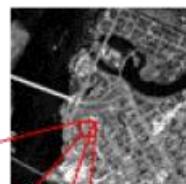
# Resolução Radiométrica



a) 1 bit



b) 5 bits



PIXELS

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

Digital Number  
(DN)



2048 (11 bits)



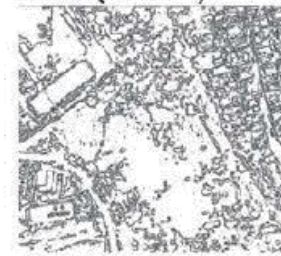
256 (8 bits)



128 (7 bits)



16 (5 bits)



4 (2 bits)



2 (1bit)

$$2^8 = 256 \text{ níveis de cinza}$$

$$2^5 = 32 \text{ níveis de cinza}$$

Determina a qualidade da Imagem

$$2^2 = 2 \text{ bits} = 4 \text{ níveis de cinza}$$

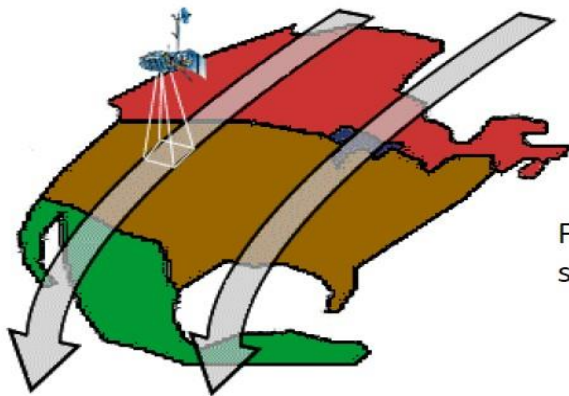
$$2^8 = 8 \text{ bits} = 256 \text{ níveis de cinza}$$

$$2^{16} = 16 \text{ bits} = 65536 \text{ níveis de cinza}$$



# Resolução Temporal

- LANDSAT - TM (1 imagem a cada 16 dias)
- SPOT – HRV (1 imagem a cada 26 dias)
- Meteosat, GOES (1 imagem a cada 15 minutos)

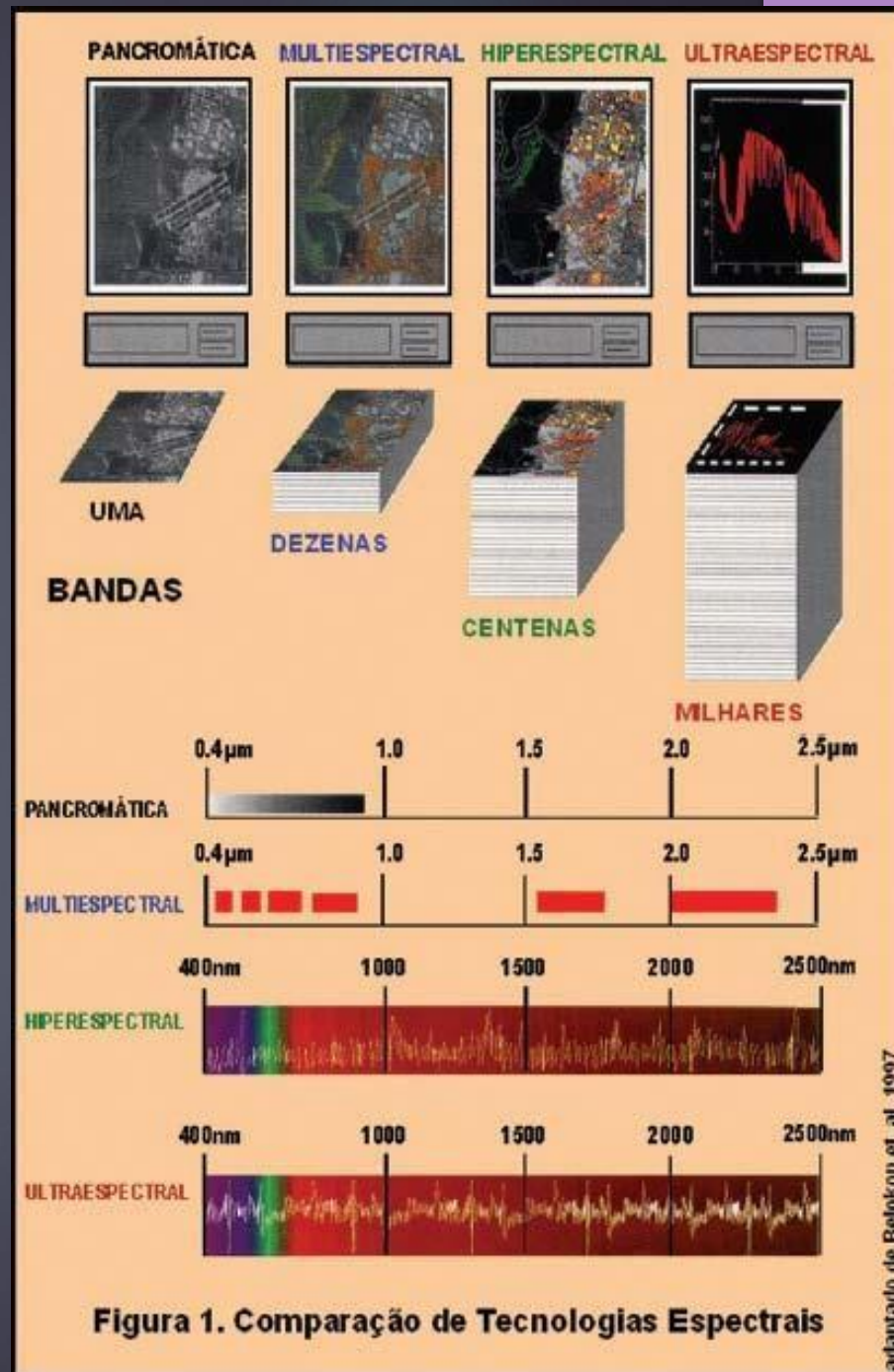
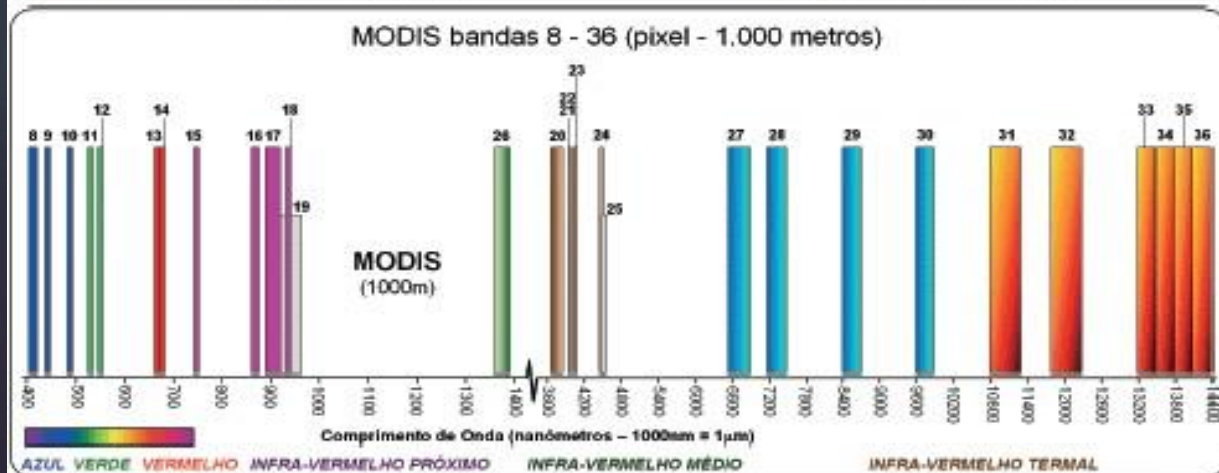
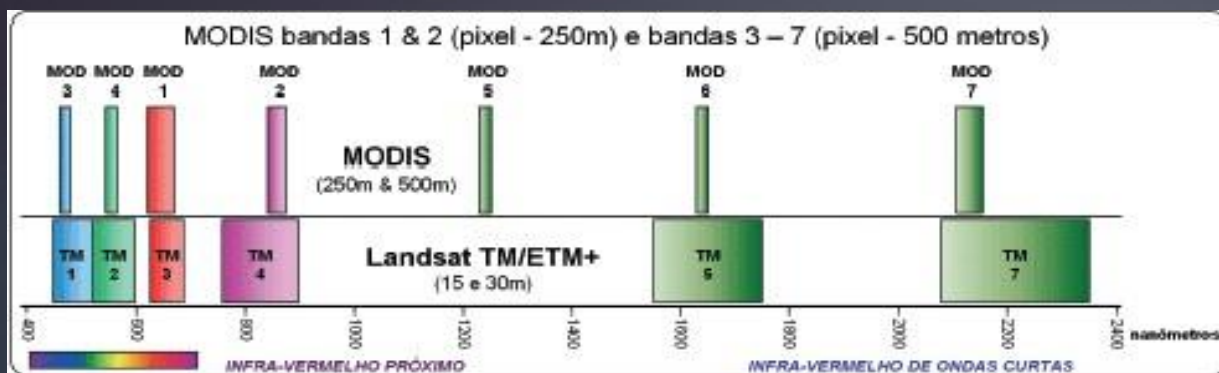


Freqüência da passagem de um sensor sobre uma determinada área

O IRS (Imageador Multiespectral e Termal) é um sensor de varredura mecânica do CBERS 4. Sua resolução espacial é de 40 metros nas bandas pancromática e do SWIR (infravermelho de ondas curtas) e para 80 metros na banda termal. Com seu campo de visada de 120 km, **acompanha o ciclo de 26 dias para fazer o recobrimento global.**



# Resolução Espectral

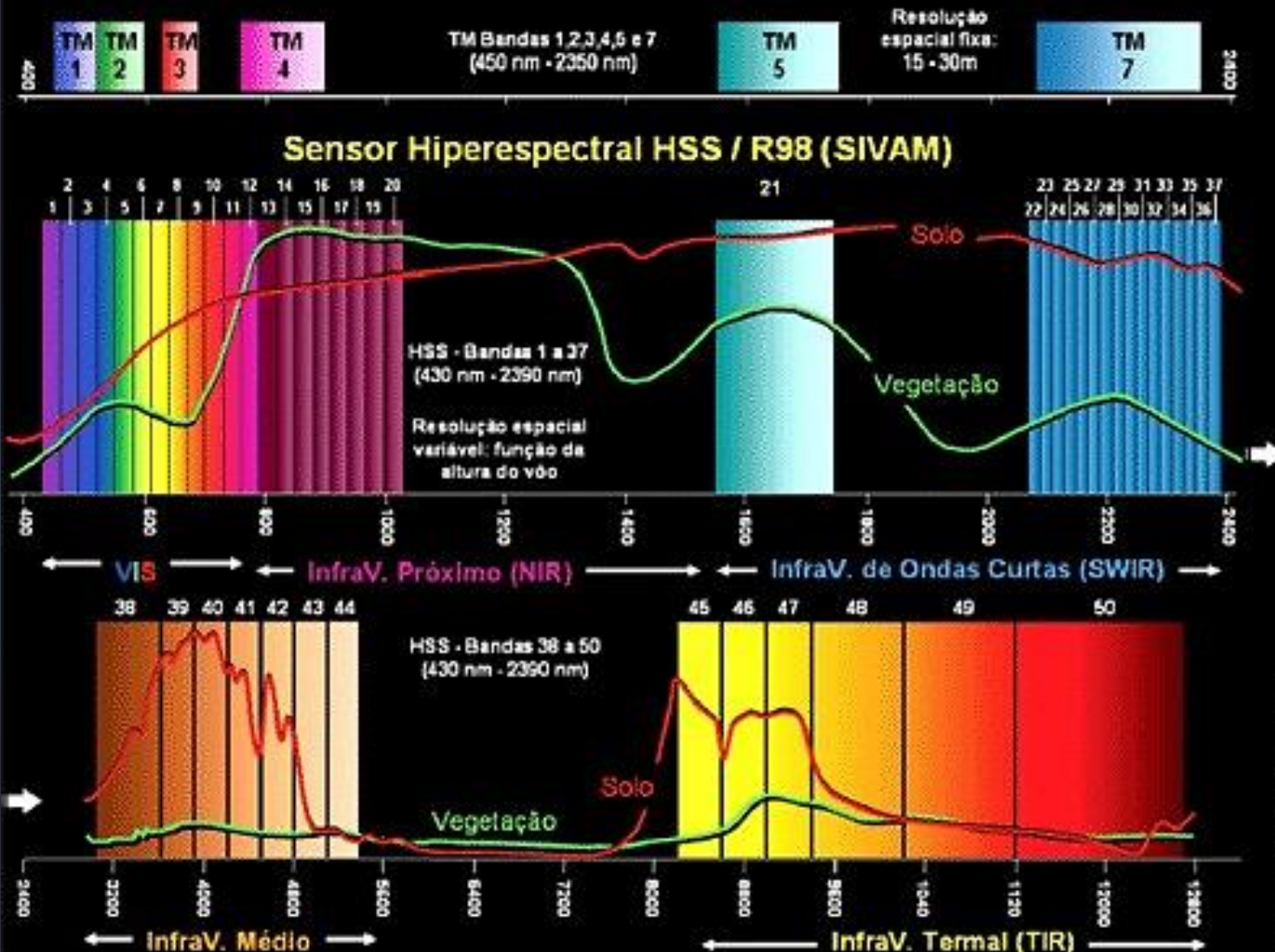


# Composição Colorida/falsa Cor

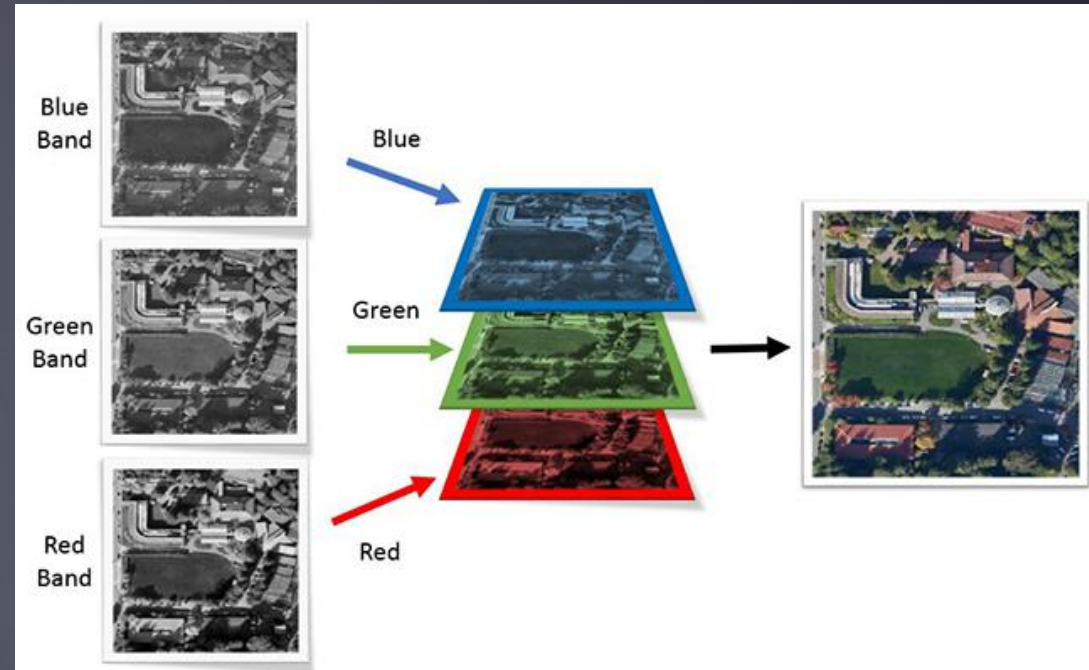


Sensores Multiespectrais TM & ETM+ / Landsat - 5 & 7

Figura 3



Carlos Roberto de Souza Filho



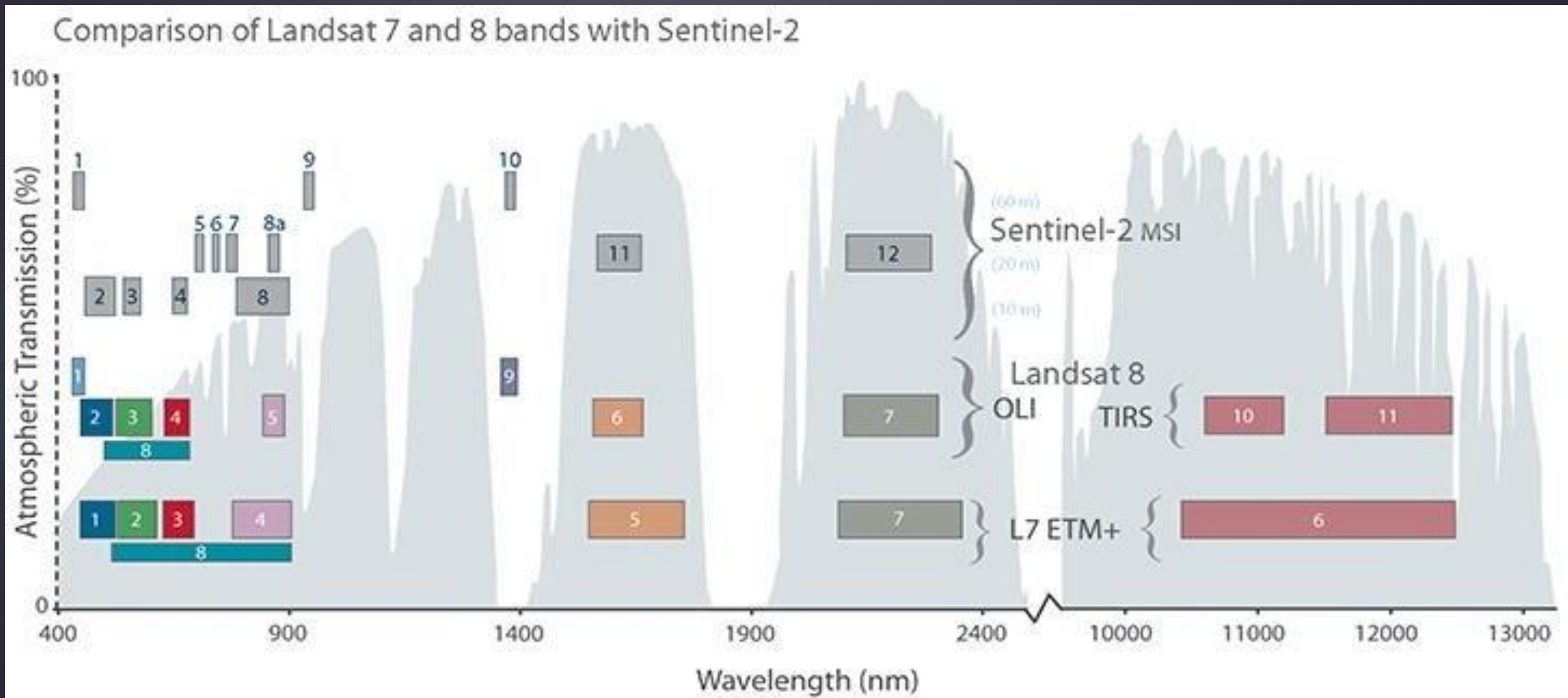
# LANDSAT 8 OLI MODERADA RESOLUÇÃO ESPACIAL

<b>Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)</b>  <b>Launched February 11, 2013</b>	<b>Bands</b>	<b>Wavelength (micrometers)</b>	<b>Resolution (meters)</b>
	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100	

# Sentinel 2A Moderada Resolução Espacial

Sentinel-2A MSI				Landsat 8 OLI		
Band	Spectral region	Wavelength range (nm)	Resolution (m)	Spectral region	Wavelength range (nm)	Resolution (m)
B1				Blue	435–451	30
B2	Blue	458–523	10	Blue	452–512	30
B3	Green peak	543–578	10	Green	533–590	30
B4	Red	650–680	10	Red	636–673	30
B5	Red edge	698–713	20	NIR	851–879	30
B6	Red edge	733–748	20	SWIR1	1566–1651	30
B7	Red edge	773–793	20	SWIR2	2107–2294	30
B8	NIR	785–899	10			
B8A	NIR narrow	855–875	20			
B11	SWIR	1565–1655	20			
B12	SWIR	2100–2280	20			

# Bandas/constelação



Search Criteria Data Sets Additional Criteria Results

4. Search Results

If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set.

Note: You must be logged in to download and order scenes

Show Result Controls

Data Set Click here to export your results

Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1

- 7

ID:LC08\_L1TP\_217063\_20170813\_20170825\_01\_T1  
 Acquisition Date:13-AUG-17  
 Path:217  
 Row:63

Icons: [Thumbnail] [Download] [Order] [Share] [Print] [Refresh] [Close]
  - 8

ID:LC08\_L1TP\_217063\_20170626\_20170714\_01\_T1  
 Acquisition Date:26-JUN-17  
 Path:217  
 Row:63

Icons: [Thumbnail] [Download] [Order] [Share] [Print] [Refresh] [Close]
  - 9

ID:LC08\_L1TP\_217062\_20160826\_20180528\_01\_T1  
 Acquisition Date:26-AUG-16  
 Path:217  
 Row:62

Icons: [Thumbnail] [Download] [Order] [Share] [Print] [Refresh] [Close]
  - 10

ID:LC08\_L1TP\_217063\_20160826\_20180528\_01\_T1  
 Acquisition Date:26-AUG-16  
 Path:217  
 Row:63

Icons: [Thumbnail] [Download] [Order] [Share] [Print] [Refresh] [Close]
- « First < Previous 1 Next > Last »

Search Criteria Summary (Show) Clear Search Criteria



Search Criteria Data Sets Additional Criteria Results

4. Search Results

If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set.

Note: You must be logged in to download and order scenes

Show Result Controls

Data Set Click here to export your results

Sentinel-2

« First Previous 1 Next Last » Displaying 1 - 10 of 142

- 1

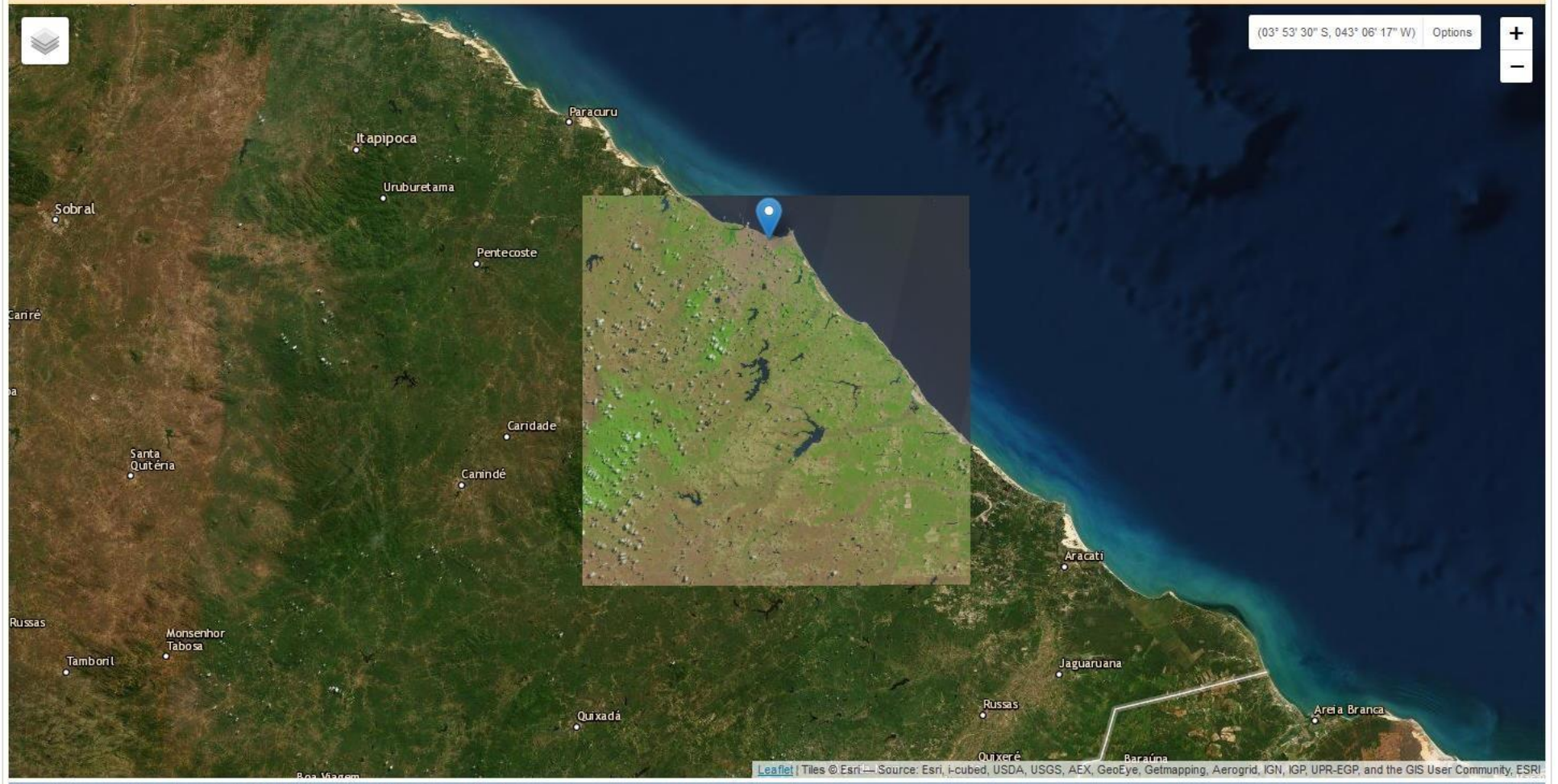
ID:L1C\_T24MWA\_A021828\_20190827T130249  
 Acquisition Date:2019/08/27  
 Platform:SENTINEL-2A  
 Tile Number:T24MWA
- 2

ID:L1C\_T24MWA\_A021685\_20190817T130250  
 Acquisition Date:2019/08/17  
 Platform:SENTINEL-2A  
 Tile Number:T24MWA
- 3

ID:L1C\_T24MWA\_A012705\_20190812T130253  
 Acquisition Date:2019/08/12  
 Platform:SENTINEL-2B  
 Tile Number:T24MWA
- 4

ID:L1C\_T24MWA\_A012562\_20190802T130254  
 Acquisition Date:2019/08/02  
 Platform:SENTINEL-2B  
 Tile Number:T24MWA

Search Criteria Summary (Show) Clear Search Criteria





18/11/2018

WorldView 3



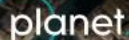
# Alta Resolução Espacial versus Custo

GlobalGeo - Digital Globe

Imagens adquiridas pelo satélite WorldView-3 com a banda pancromática com resolução espacial de 30 cm e com as bandas multiespectrais R, G, B, NIR-1, NIR-2, Red Edge, Yellow e Coastal com resolução espacial de 120 cm - Valor: R\$ 2.650,00  
Área 25 km<sup>2</sup>

Google Earth

Satellite	Launch Year	No. of MS bands [nominal resolution]	Panchromatic resolution (nominal) (m)	Altitude (km)	Orbit type	Revisit time (days)
IKONOS	1999	4 [3.20 m]	0.82	681	Sun-synchronous	3
<u>Quickbird</u>	2001	4 [2.62 m]	0.65	450	Sun-synchronous	1-3.5
<u>GeoEye 1</u>	2008	4 [1.84 m]	0.46	770	Sun-synchronous	3
<u>WorldView - 1</u>	2007	-	0.46	490	Sun-synchronous	1.7
<u>WorldView - 2</u>	2009	8 [1.84 m]	0.46	770	Sun-synchronous	1.1
<u>WorldView - 3</u>	2014	8 [1.24 m] (8 SWIR [3.70m])	0.31	617	Sun-synchronous	1



# PLANET IMAGERY AND ARCHIVE

3, 5, and 0.72 meter resolution

GET 14-DAY TRIAL



## THE ENTIRE EARTH, EVERY DAY

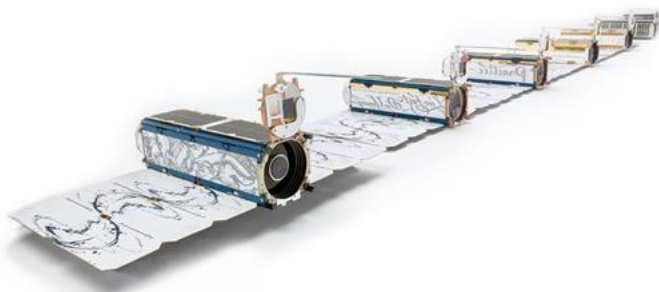
Planet collects and delivers information faster than anyone else, so you can see what's happening on the ground in near real-time.

### Our constellations

Planet operates 120+ Doves, 14 SkySats and 5 RapidEye satellites that provide a versatile dataset for geospatial analysis of markets, environments and global change. With an industry-leading combination of coverage and cadence, Planet delivers Earth imaging data at unprecedented scale.



Planet's constellation of satellites orbit the poles every 90 minutes, capturing the entire Earth's landmass every day.



120+

PLANETSCOPE

5

RAPIDEYE

14

SKYSAT

Collection capacity 200M+ km<sup>2</sup>/day 6.5M km<sup>2</sup>/day 400K km<sup>2</sup>/day

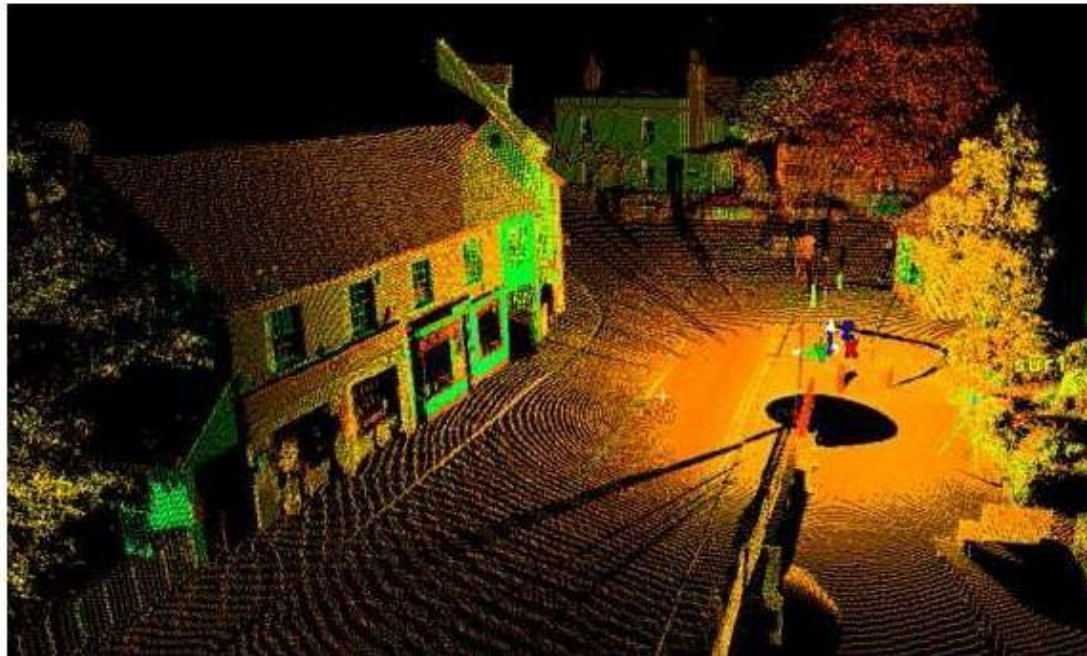
# Sistema de Sensores Ativos

Não dependem de uma fonte externa de energia: Radar e Laser

- **RADAR:** *RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging (radio detecção e localização)
- **LASER:** Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

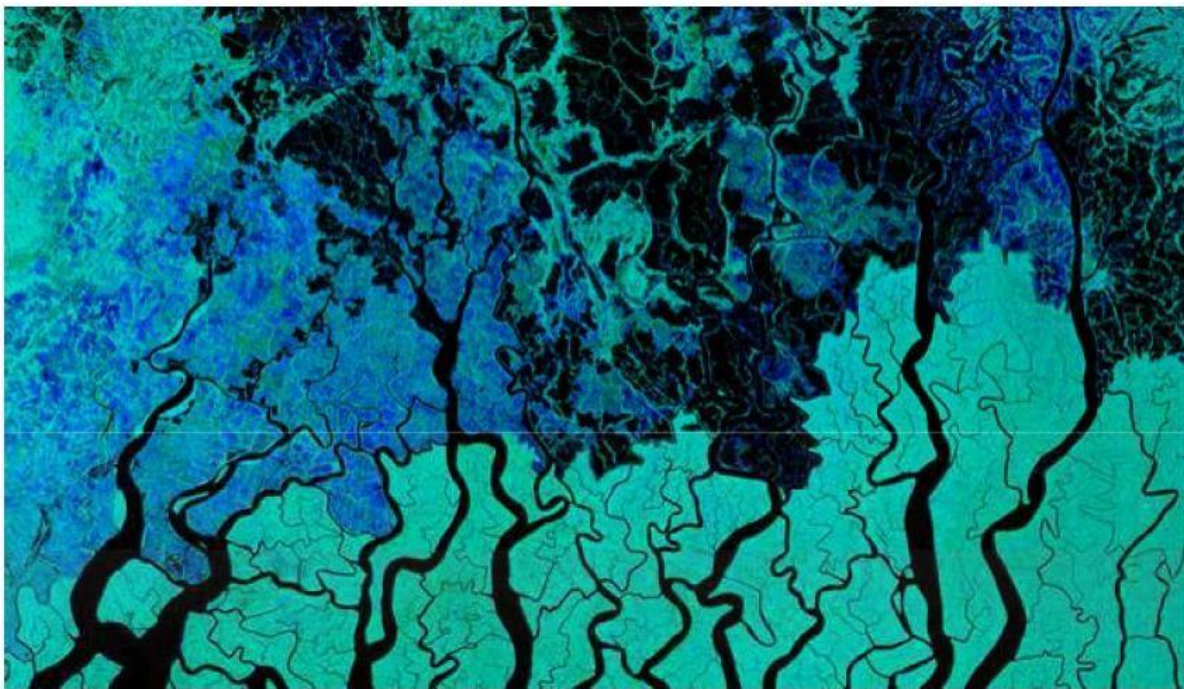


RADAR



LASER

# Radar



Sensitive mangrove forests are monitored in Sundarben National Park, near Kolkata in Bangladesh. This composite image combines VV and VH polarizations (in the green and blue channels respectively) to give a detailed look at this critical habitat. Wide mode images show an area 150 km x 150 km at 30 m resolution. Monitoring coastal areas with RADARSAT-2 is a cost effective way for environmental agencies to understand the health of large ecosystems.

- Utiliza a REM na faixa do micro-ondas;
- Imageamento independente de condições atmosféricas ou de iluminação solar;
- Fonte de iluminação controlada;
- Maior capacidade de penetração nos alvos que sensores ópticos.

# Diferentes Tipos de Dados

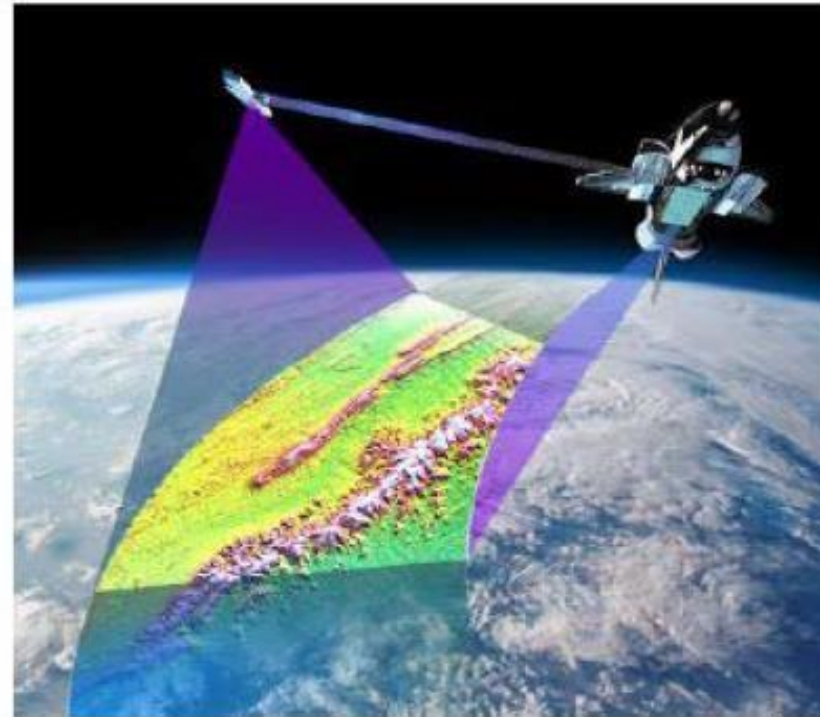
Dados: Cartas topográficas IBGE



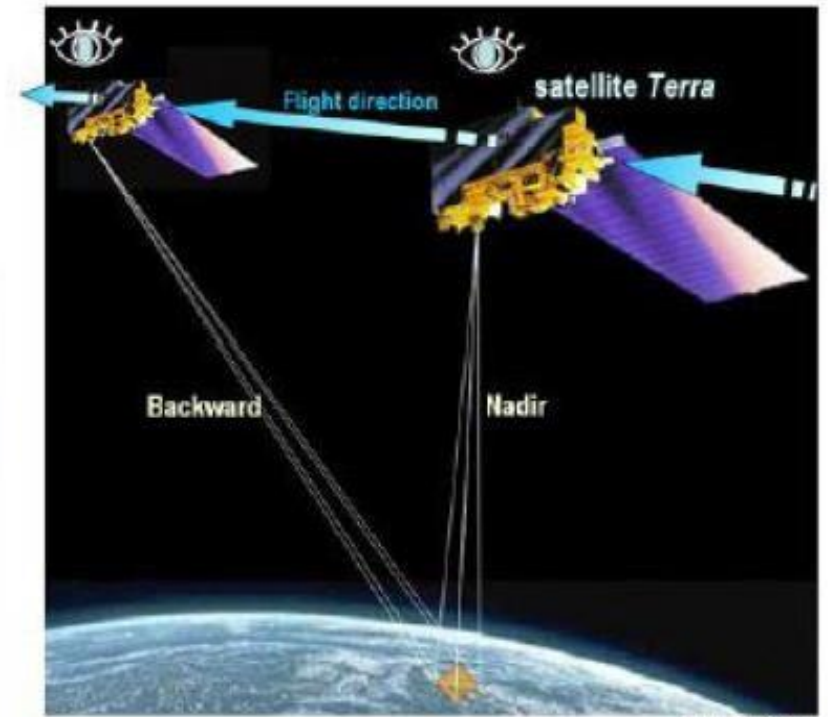
Fonte: IBGE

Dados: Sensoriamento Remoto

SRTM



ASTER



Fonte: Nasa



# Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)

▶ O SRTM foi uma missão espacial para obter um modelo digital do terreno da Terra entre 56°S e 60° N, de modo a gerar uma base completa de cartas topográficas digitais terrestres de alta resolução.

▶ O SRTM consiste num sistema de radar especialmente modificado que voou a bordo do Endeavour durante 11 dias da missão STS-99 em Fevereiro de 2000.

▶ Para adquirir os dados de altimetria estereoscópica, a SRTM contou com dois reflectores de antenas de radar. Um reflector-antena estava separado do outro 60 m graças a um extensor que ampliava a envergadura do shuttle no espaço. A técnica utilizada conjuga software interferométrico com radares de abertura sintética (SAR).

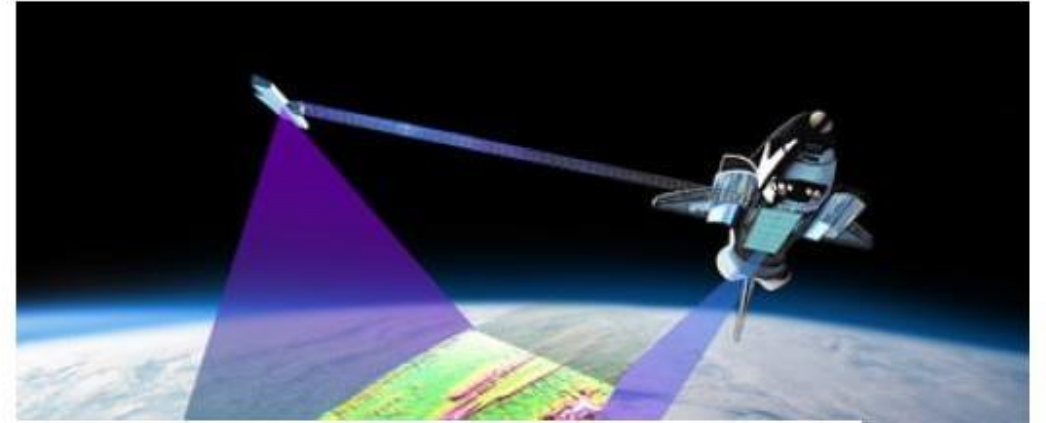


# Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)

- ▶ As imagens SRTM originais contam com resolução espacial de 90 metros em sua banda C e 30 metros em sua banda X.
- ▶ A EMBRAPA utilizou os dados da banda C e interpolou com outros dados existentes, fornecendo os dados com 30 metros para todo o Brasil.
- ▶ O SRTM consiste num sistema de radar especialmente modificado que voou a bordo do Endeavour durante 11 dias da missão STS-99 em Fevereiro de 2000.
- ▶ Para adquirir os dados de altimetria estereoscópica, a SRTM contou com dois reflectores de antenas de radar. Um reflector-antena estava separado do outro 60 m graças a um extensor que ampliava a envergadura do shuttle no espaço. A técnica utilizada conjuga software interferométrico com radares de abertura sintética (SAR).

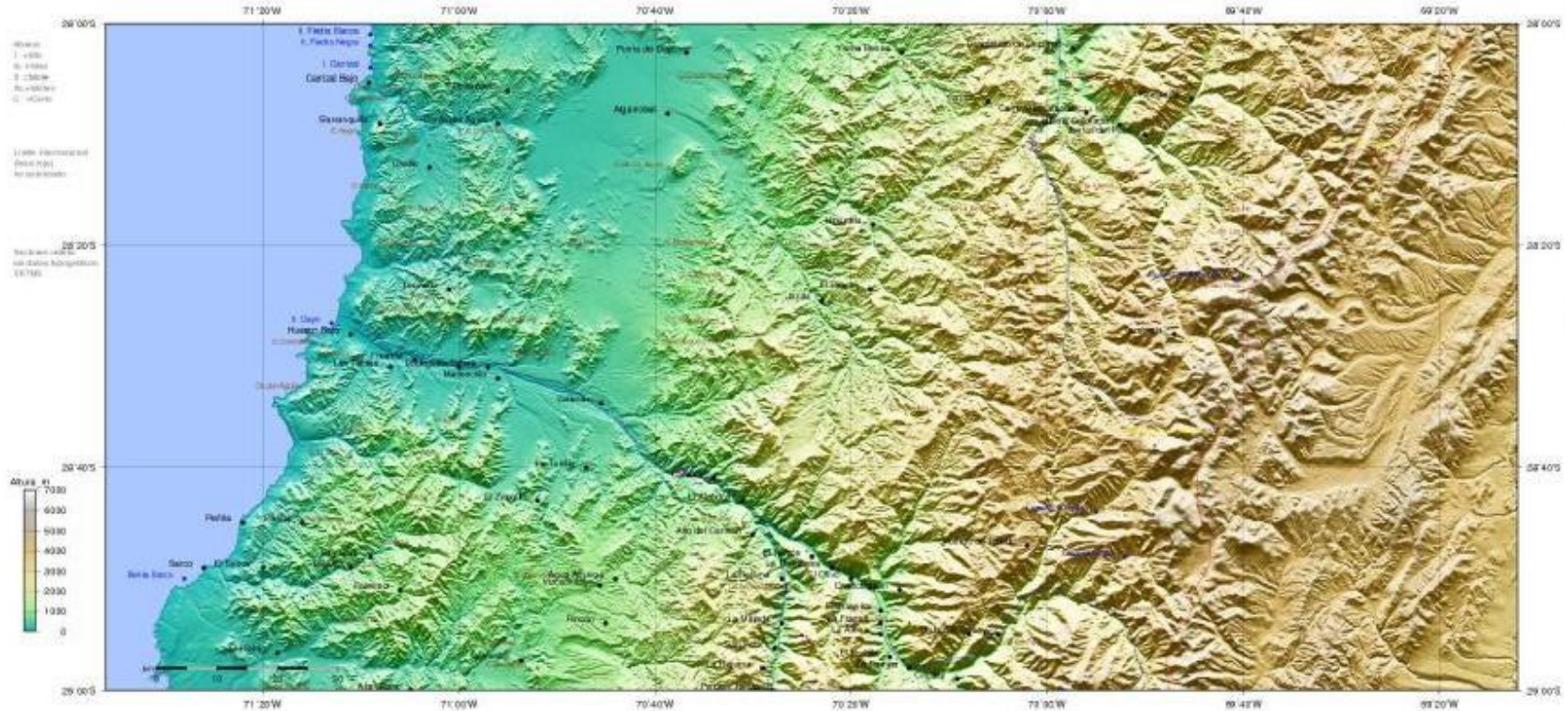


# SRTM



Relieve y topografía de Chile en proyección de Mercator  
Generado con GMT (<http://gmt.soest.hawaii.edu/>)

Topografía de SRTM (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/srtm/>)  
Topografía de NGA ([http://earth-info.nga.mil/gia/nimic/sby\\_files.html](http://earth-info.nga.mil/gia/nimic/sby_files.html))



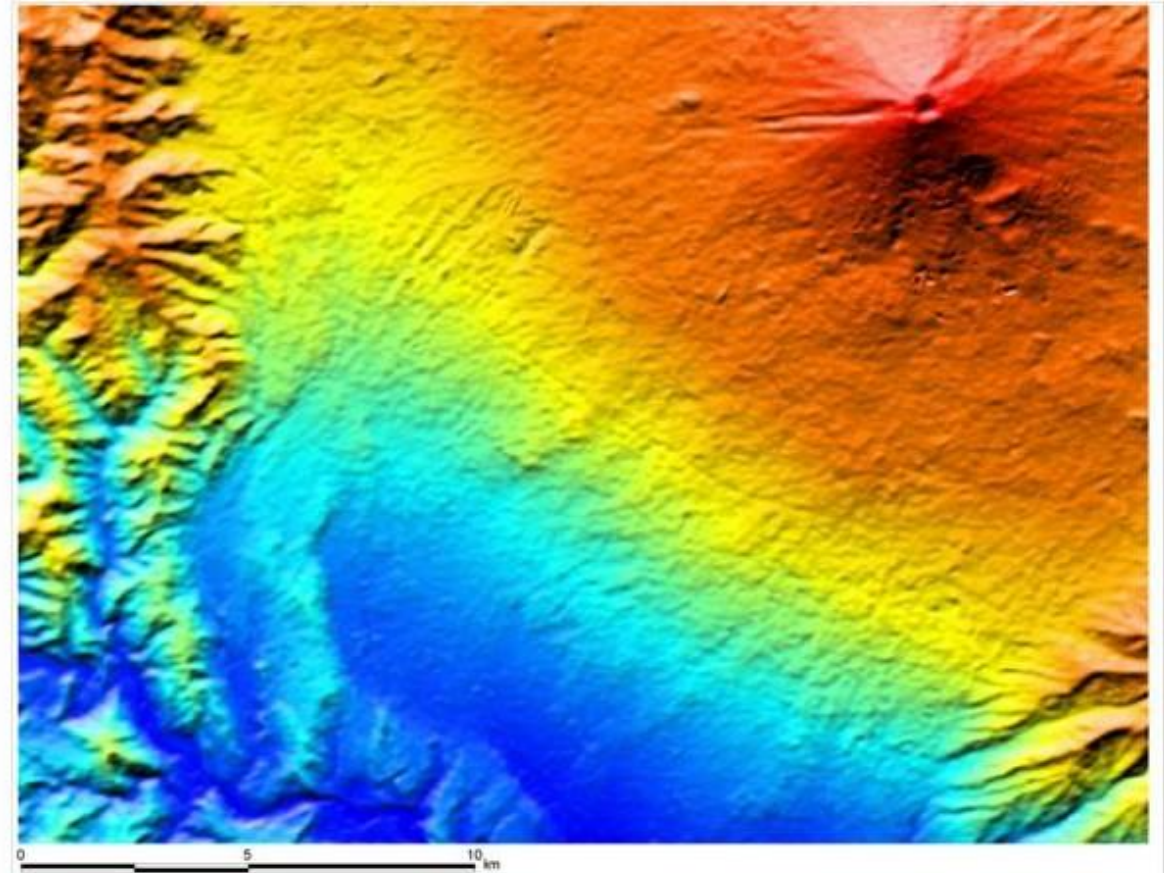
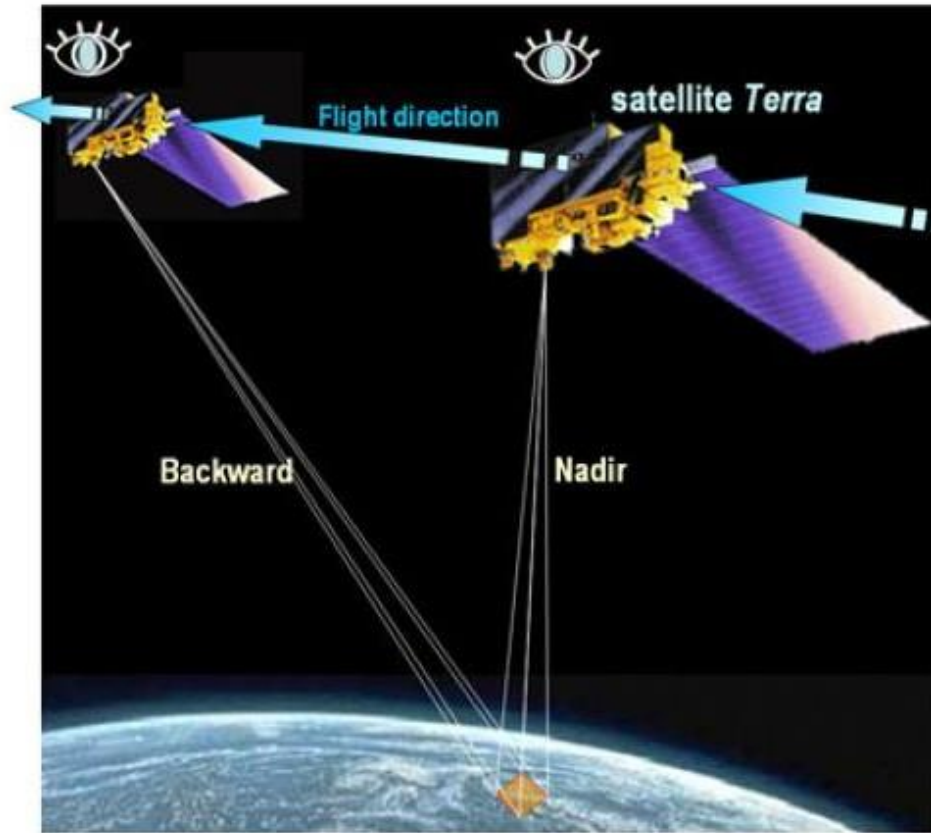


# ASTER

## Imagens de Elevação do Terreno

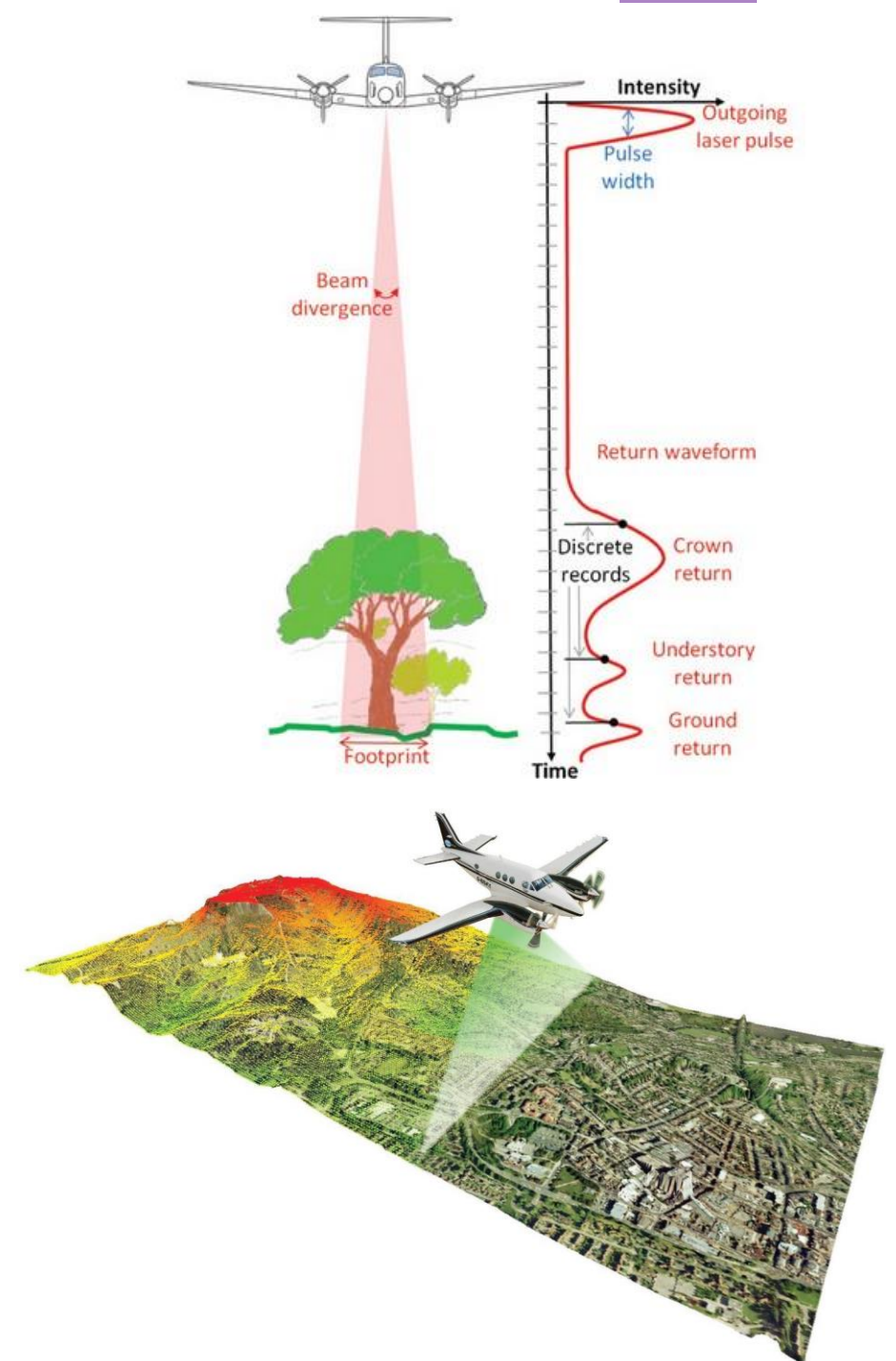
### ASTER-GDEM: ASTER - Global Digital Elevation Map

Os MDTs gerados pela missão ASTER apresentam uma resolução espacial de 30 metros (*pixels* de 30x30 metros).



# Sensores LIDAR a bordo de Aeronaves e Satélites

- ▶ LIDAR (Light Detection and Ranging) – tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida de modo a obter a distância ou altura de um objeto.
- ▶ O LIDAR emite feixes de laser na banda do infravermelho próximo (IV) ou verde e é capaz de modelar a superfície do terreno tridimensionalmente.



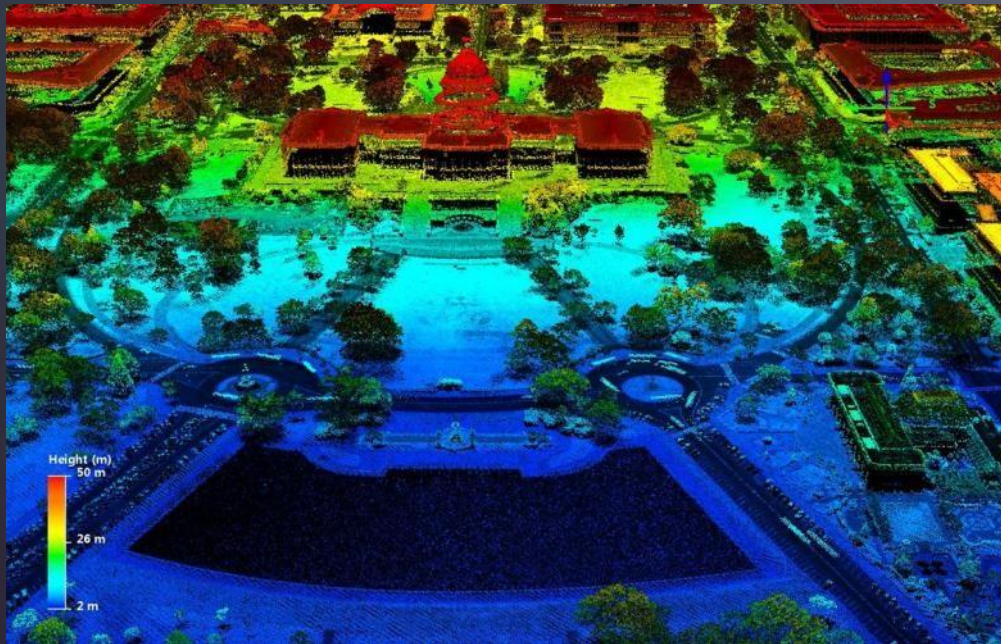
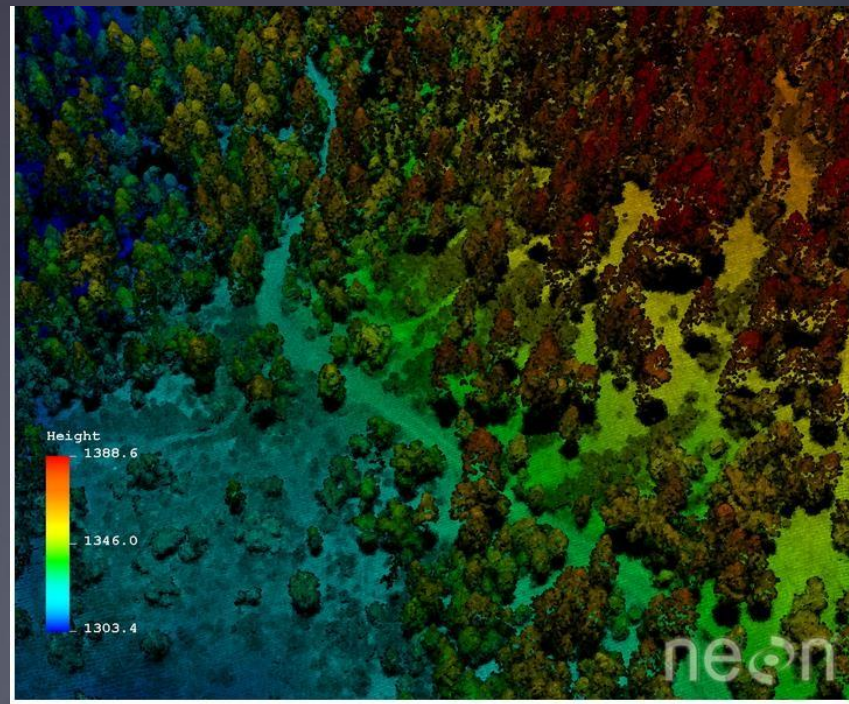
# Light Detection And Ranging



Scanned trees

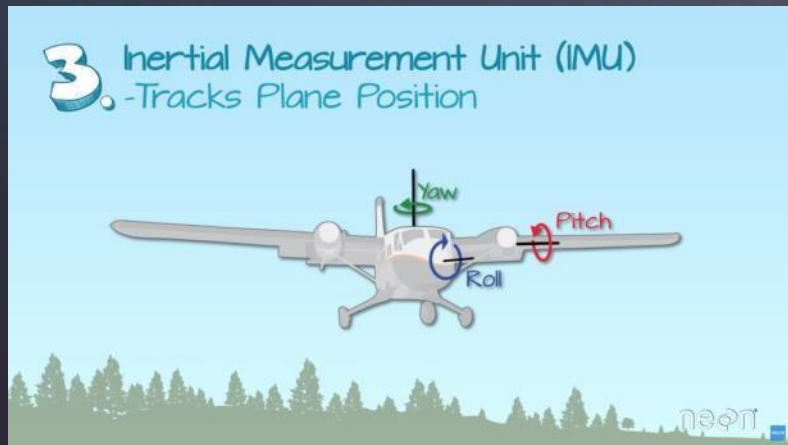
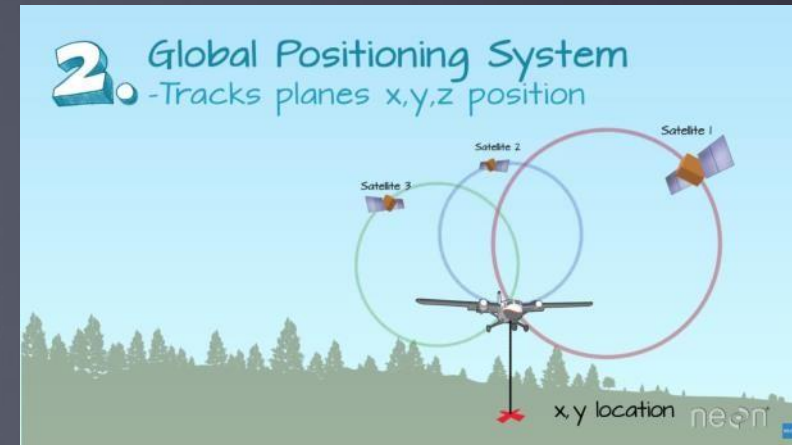
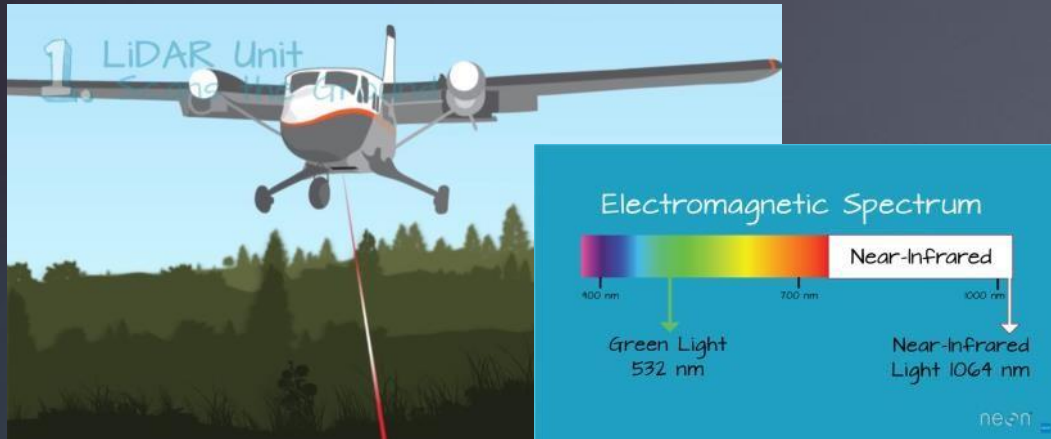


Resultant LiDAR Data



# 0 Processo

LASER + GPS + IMU + COMPUTER



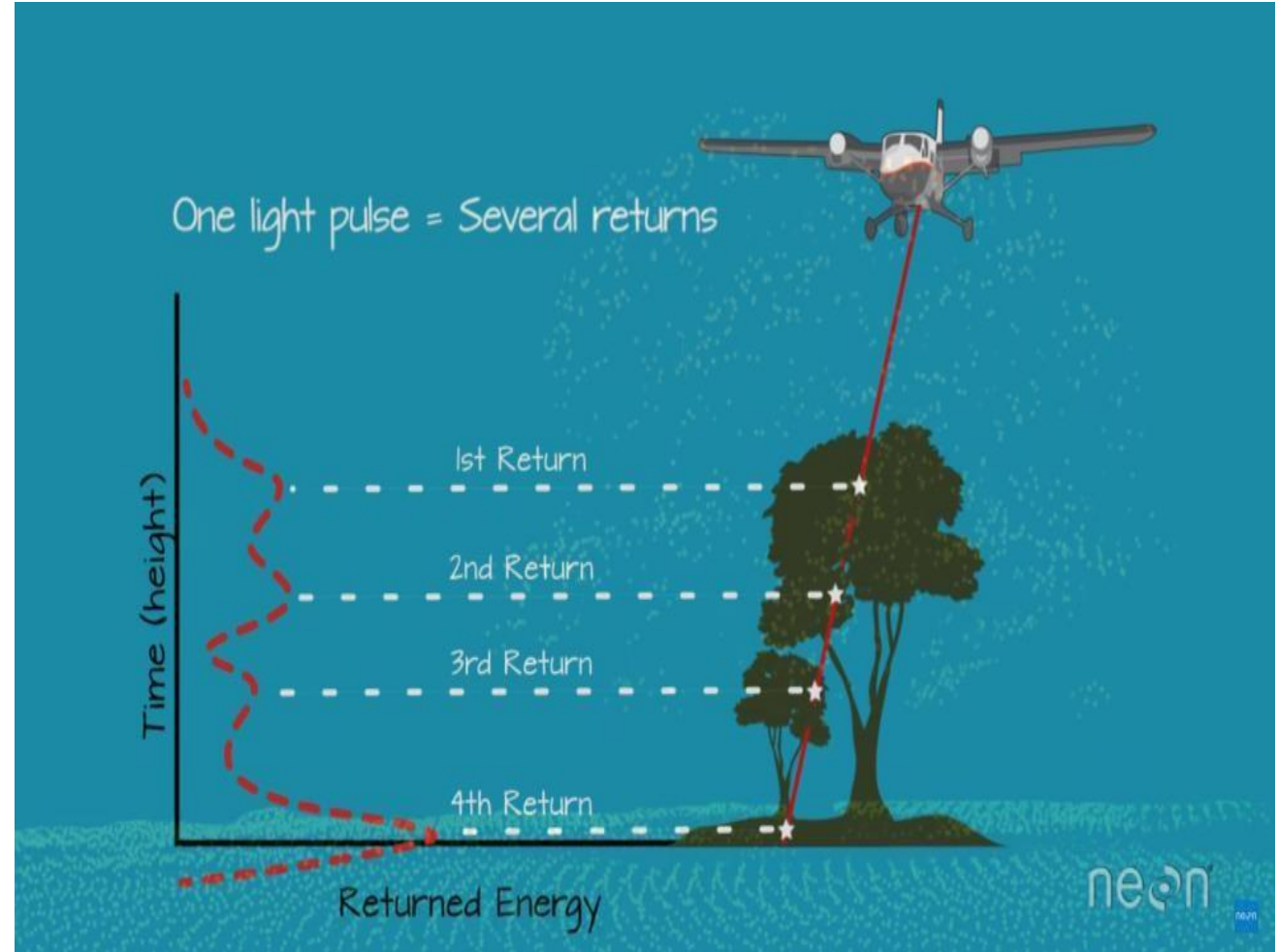
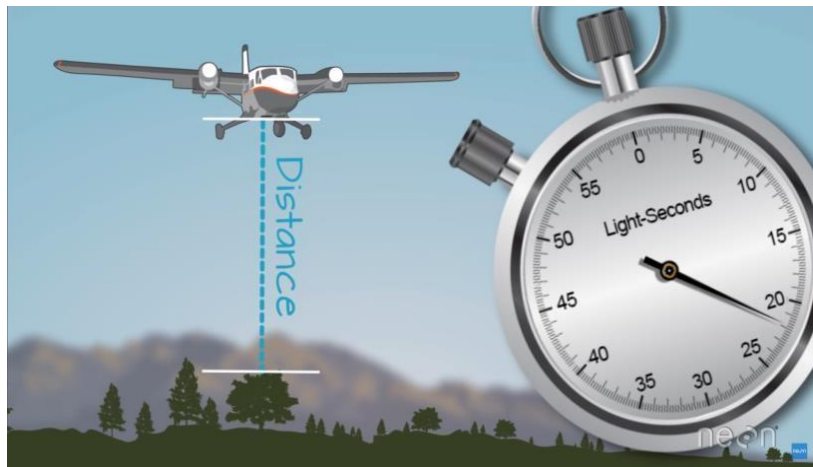
# Um Pulso, Vários retornos

Baseado em distância/ tempo de viagem

Pulse Pulse

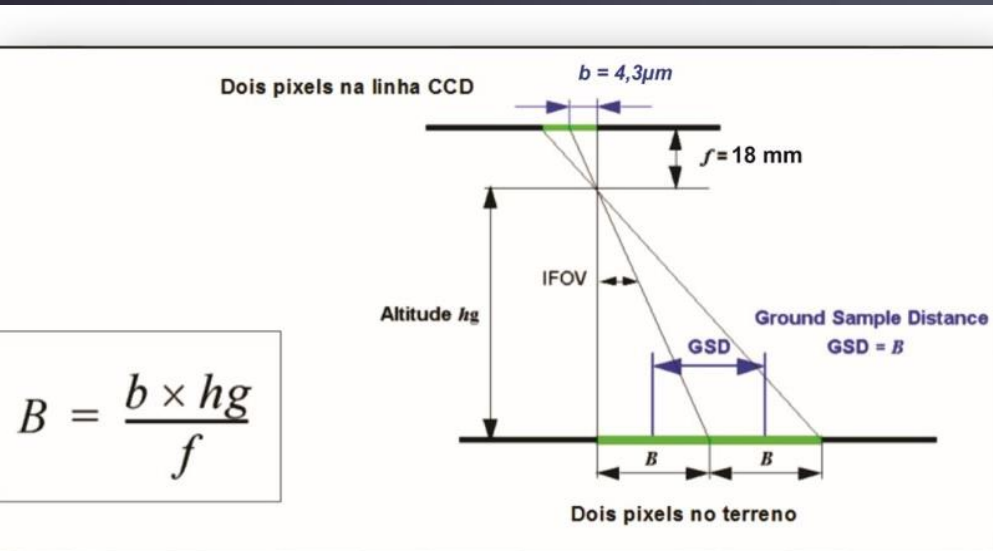


Return



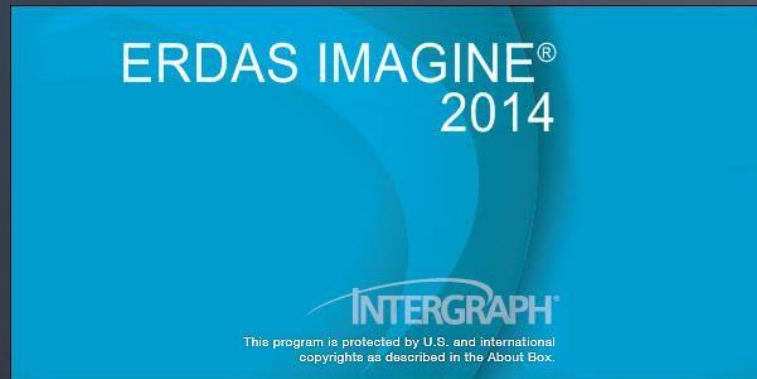
# GSD (Ground Sample Distance)

## Distância de amostragem do solo



Facilit'Air: Soluções por Drones -->canal no youtube

# Processamento Digital de Imagens



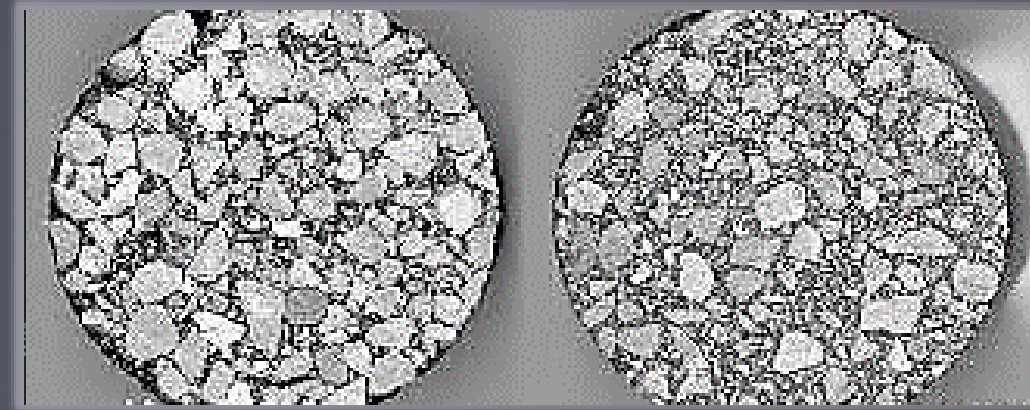
# Pesquisas no Petran

Proposição de um sistema de classificação das propriedades de forma de agregados caracterizados com o uso do processamento digital de imagens a partir de materiais oriundos do Brasil. [Ibiapina, Daniele Soares Castelo Branco, Verônica Teixeira Franco](#)

---

Utilização de imagens associadas ao georreferenciamento para monitoramento do estado de conservação de ferrovias. [Alecrim, Carla Marília Cavalcante; Castelo Branco](#)

- Avaliação das relações entre propriedades de forma de agregados, compactação, parâmetros do esqueleto mineral e textura de revestimentos asfálticos aeroportuários a partir do Processamento Digital de Imagens (PDI) [Victor Mosca de Carvalho Araujo, Renan Santos Maia Verônica Teixeira Franco Castelo Branco](#)





# Pesquisas no Petran

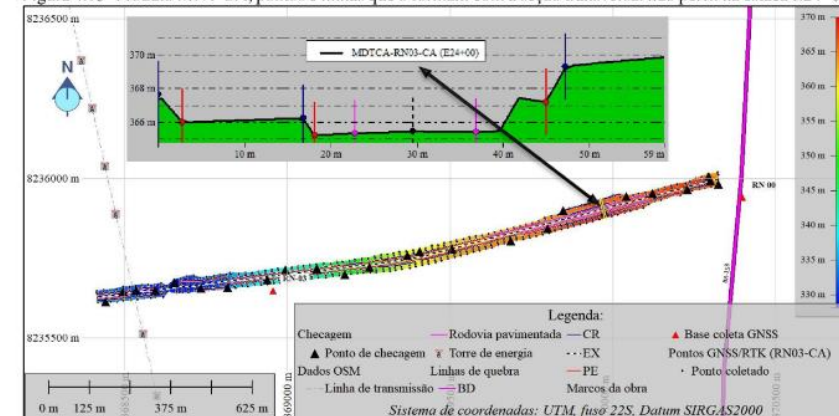
Estimação de % de emborrachamento em PPD brasileiras através de SR e Fotogrametria por ARPs. Dissertação Gustavo, [Francisco Heber Lacerda de oliveira](#)

Monitoramento de defeitos de pavimentos aeroportuários brasileiros com SR e Fotogrametria. Tese Tiago Silveira. [Francisco Heber Lacerda de oliveira](#)

CONTRIBUIÇÕES PARA A AEROFOTOGRAMETRIA ATRAVÉS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS PARA FINS DE PROJETOS RODOVIÁRIOS: USO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO GEORREFENCIAMENTO DIRETO EM LEVANTAMENTO DE CORREDORES. Tese Fábio Lobo. [Carlos Augusto Uchôa da Silva](#)

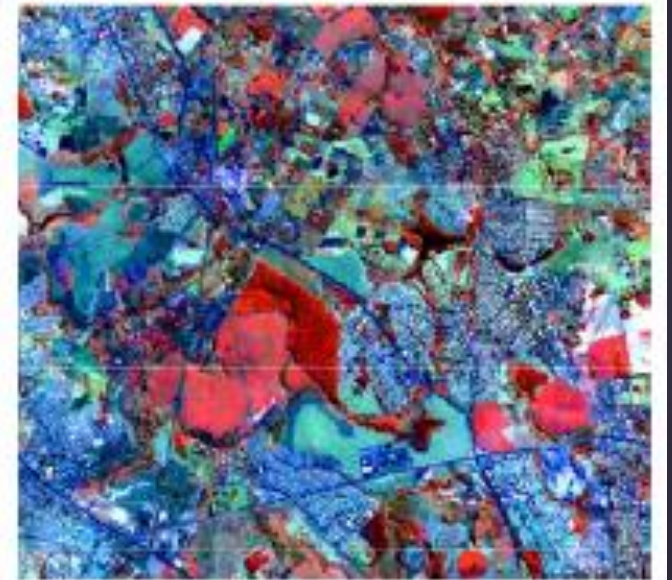
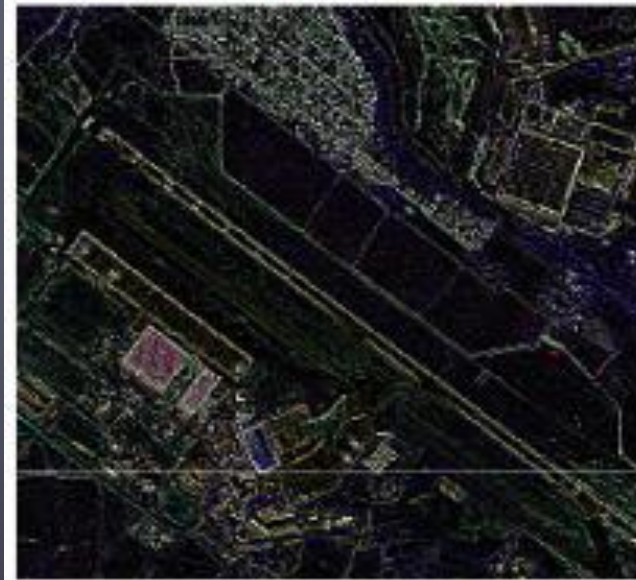
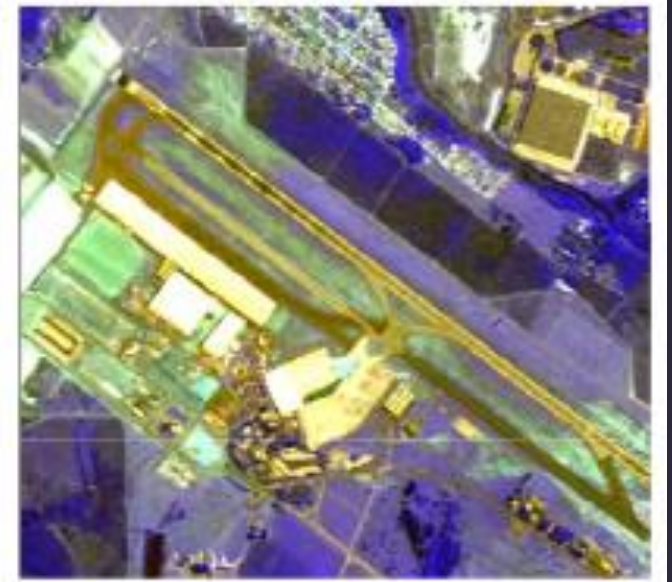
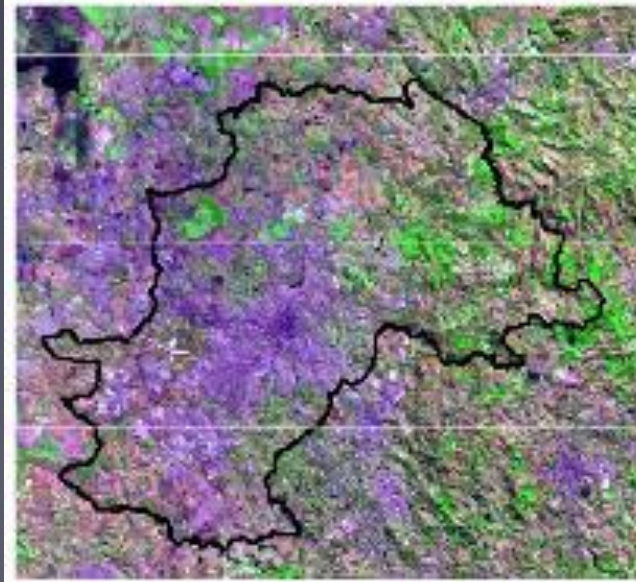


Figura 4.15- Produto MNT-CA, pontos e linhas que o formam com a seção transversal ndo perfil na estaca E24+00.

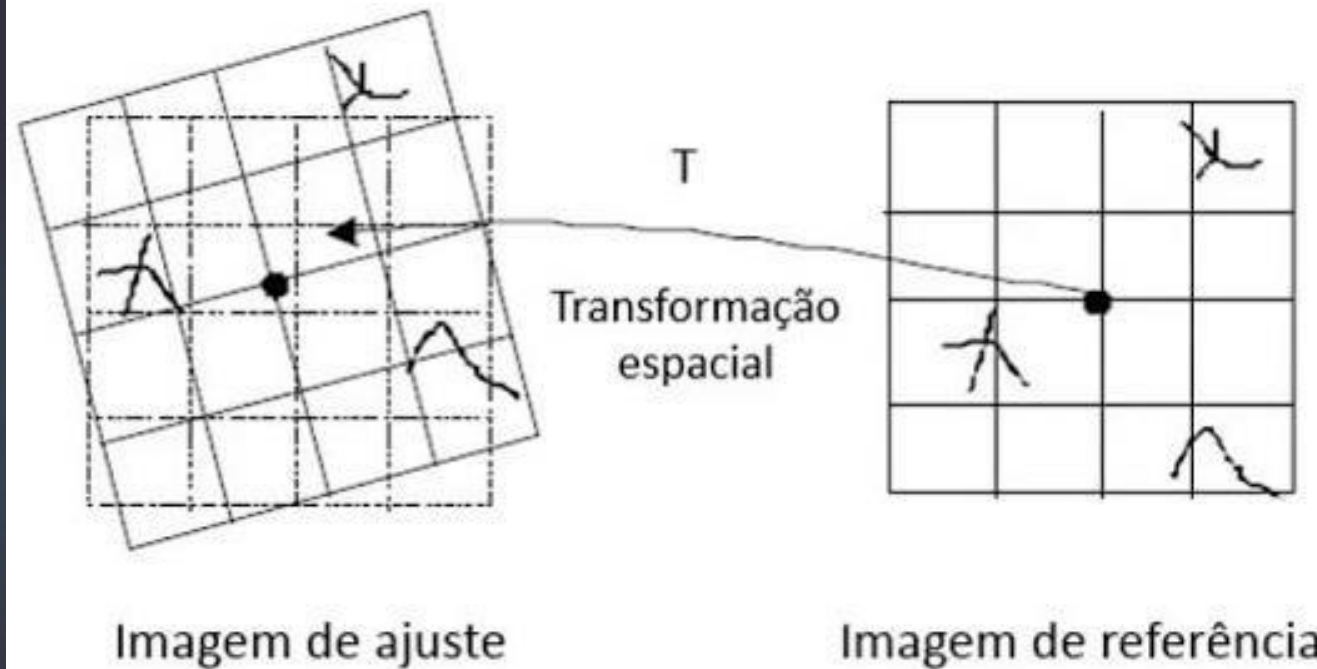


Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

**Ok, depois desse  
blá blá blá  
enorme eu faço o  
que com essas  
imagens?**



# Georreferenciamento



Primeiro grau

$$x_r = a_1x + b_1y + d_1$$

$$y_r = a_2x + b_2y + d_2$$

Segundo grau

$$x_r = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2$$

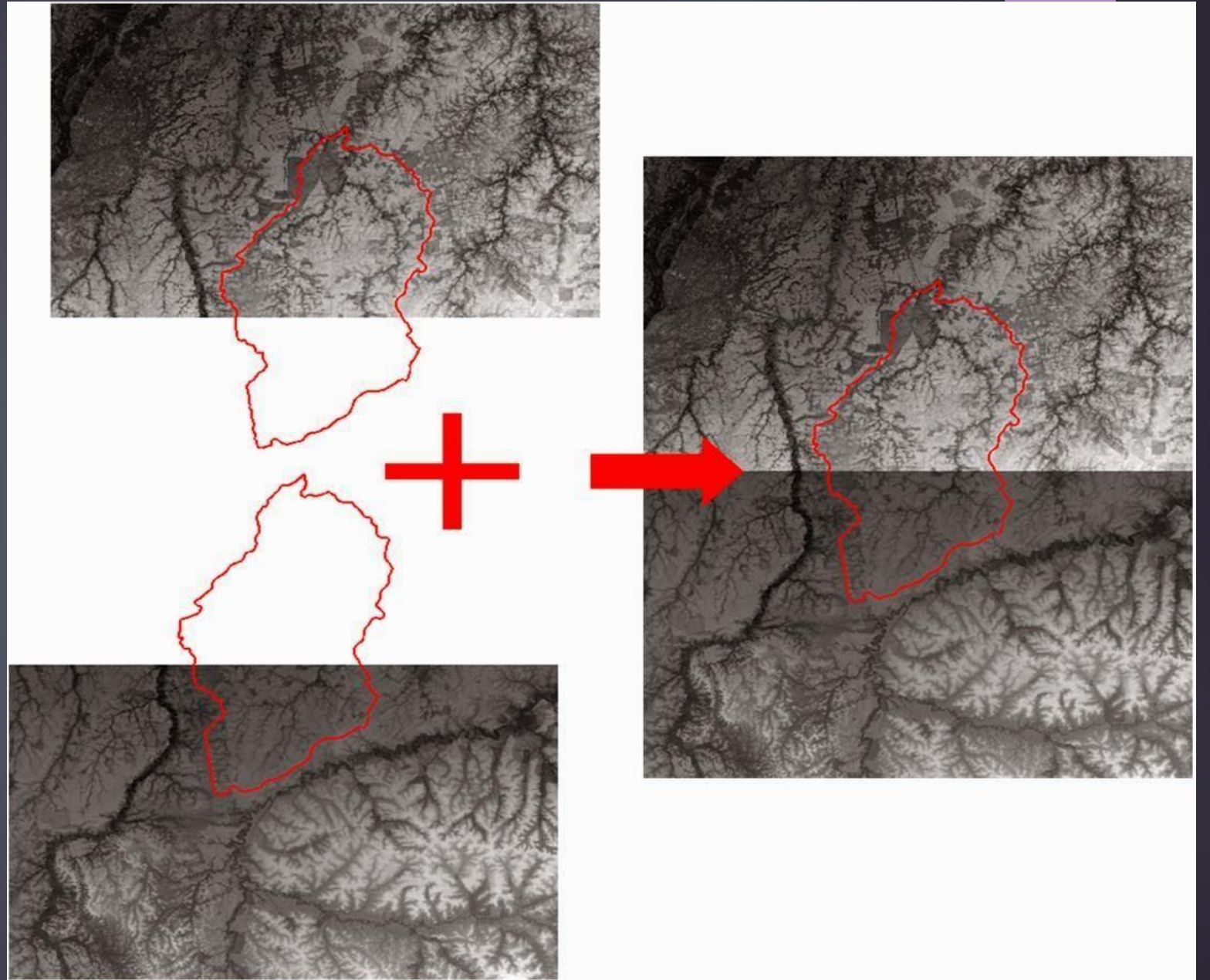
$$y_r = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2$$

$$N_{cp} = (N + 1)(N + 2)/2$$

$$N = 1 \Rightarrow 3 \text{ pontos}$$

$$N = 2 \Rightarrow 6 \text{ pontos}$$

# Mosaico e Recorte



# Realce Espectral

## Manipulação de Contraste

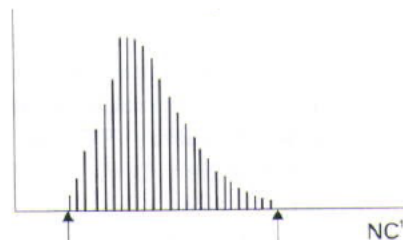
**X**

22	36	34	38	32	36
36	35	32	15	36	42
38	36	34	39	38	34
35	36	32	35	32	36
38	34	42	36	35	38
36	35	32	38	32	42

$$Y = 4X + 5$$

**Y**

93	149	141	157	133	149
149	145	133	65	149	173
157	149	141	161	157	141
145	149	133	145	133	149
157	141	173	149	145	157
149	145	133	157	133	173

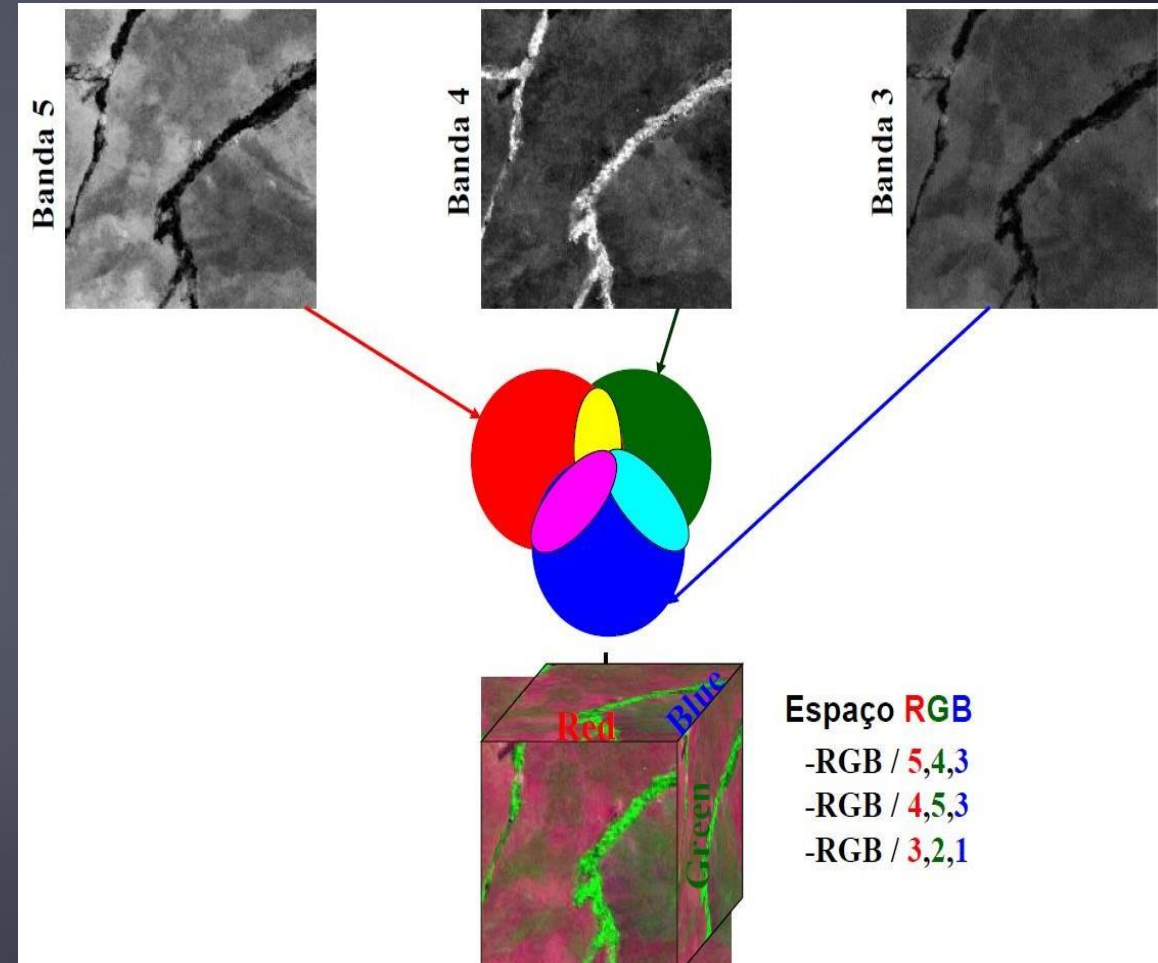
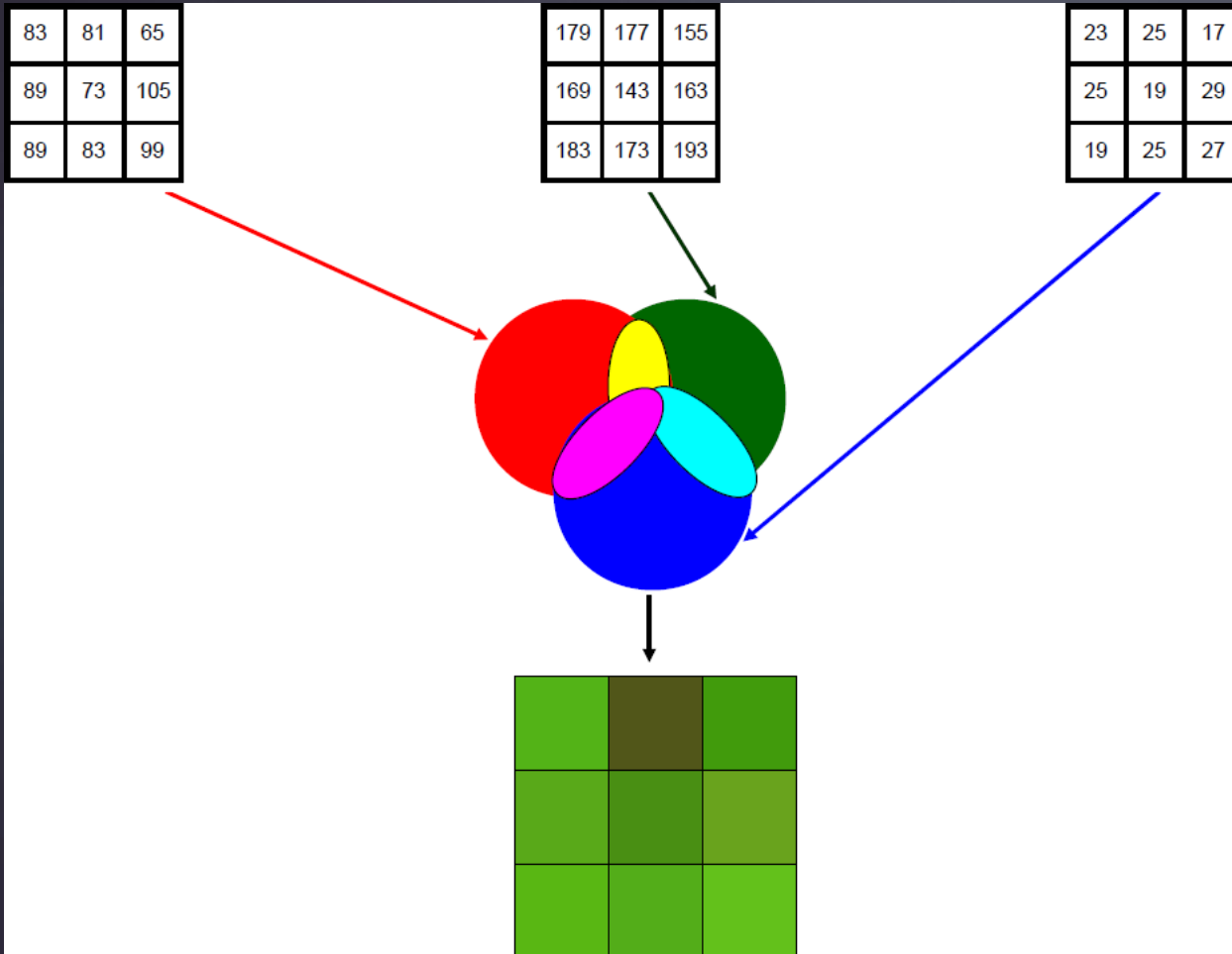


**Banda 3 (sem realce)**

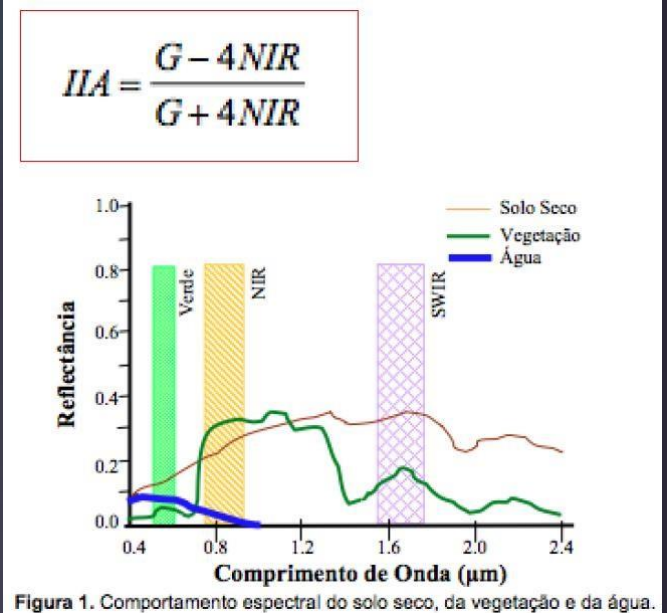


**Banda 3 (realçada)**

# Composição Colorida



# Operações Aritméticas



$$\text{Imagem}_{(\text{diferença})} = \text{Imagem}_{1998} - \text{Imagem}_{1990}$$

38	48	57	143	141	156
41	50	38	143	137	138
50	123	140	102	123	143
56	102	123	102	143	137
38	48	127	38	57	56
50	48	57	38	48	58

Ano II

64	75	83	0	0	0
67	77	64	0	0	0
77	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0
64	75	0	64	84	82
77	75	83	64	75	85

Imagem Diferença

102	123	140	143	141	156
108	127	102	143	137	138
127	123	140	102	123	143
138	102	123	102	143	137
102	123	127	102	141	138
127	123	140	102	123	143

Ano I

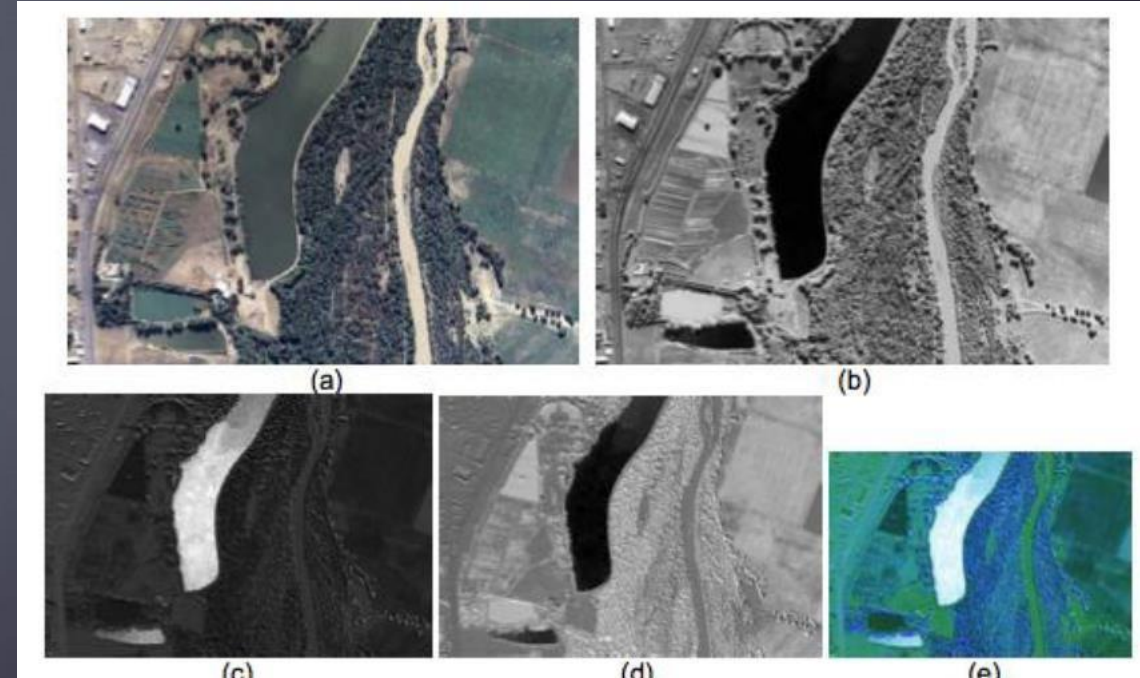


Figura 5. DMC. (a) RGB. (b) NIR (c) IIA. (d) NDVI. (e) Composição colorida.

# Fusão de Imagens

As técnicas de fusão permitem **integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática à melhor resolução espectral das demais bandas**, produzindo uma imagem colorida que reúne ambas as características. As técnicas de fusão incluem: (i) Intensidade- Matiz-Saturação (IHS), (ii) Principais Componentes, (iii) Transformação de Brovey, (iv) Transformação Wavelet, dentre outros (Carper et al., 1990; Chaves et al., 1991; Blanc et al., 1998; Pohl e Van Genderen, 1998; Jorge et al., 1999). No entanto, o método de IHS é um dos mais utilizados devido a sua eficiência e facilidade de implementação (Tu et al., 2001).

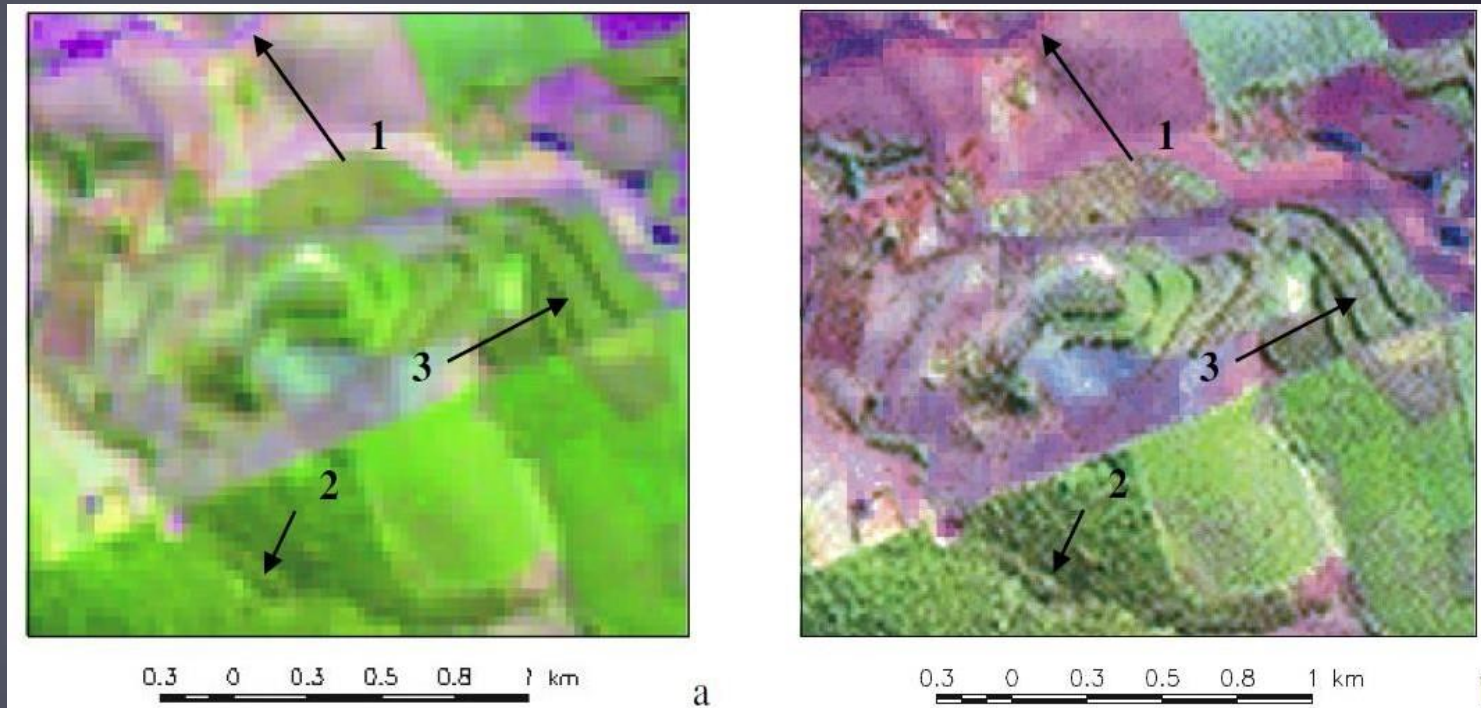
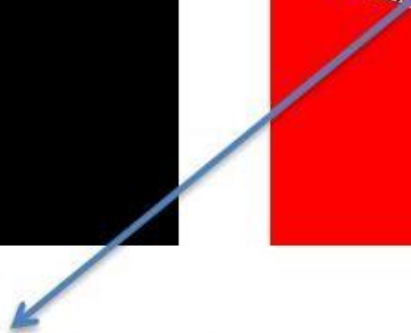
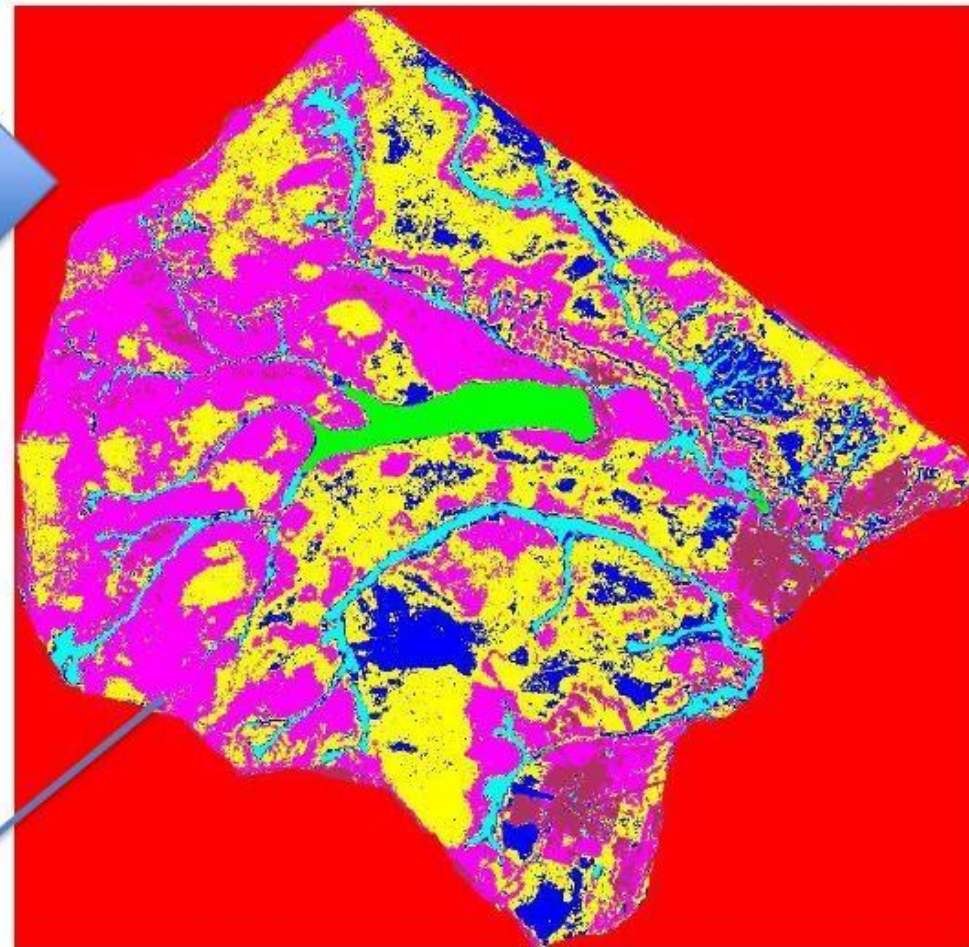


Figura 2 - Imagem ETM+ (a) 4R5G3B original (30m) e (b) resultante da fusão IHS (5m). As setas indicam (1) Estrada, (2) talvegue e (3) quebra-vento.



# Classificação



**-Imagem "raster" (pixels)**

- Edição de classes
- Cálculo de áreas
- Estatísticas de pixels



**"raster" → "vetor"**

- Editar limites das classes
- Apropriado para o SIG
- Atributos - Análises geográficas

# Atividade Prática SR

1. Baixar e instalar a versão mais recente do Quantum Gis
2. Baixar e instalar a versão mais recente do Spring
3. Ler o roteiro de como baixar imagens de SR do Sentinel e baixar as imagens
4. Processamento Digital das Imagens de SR para Classificação de imagens na próxima aula com a prof. Arielle Arantes

