

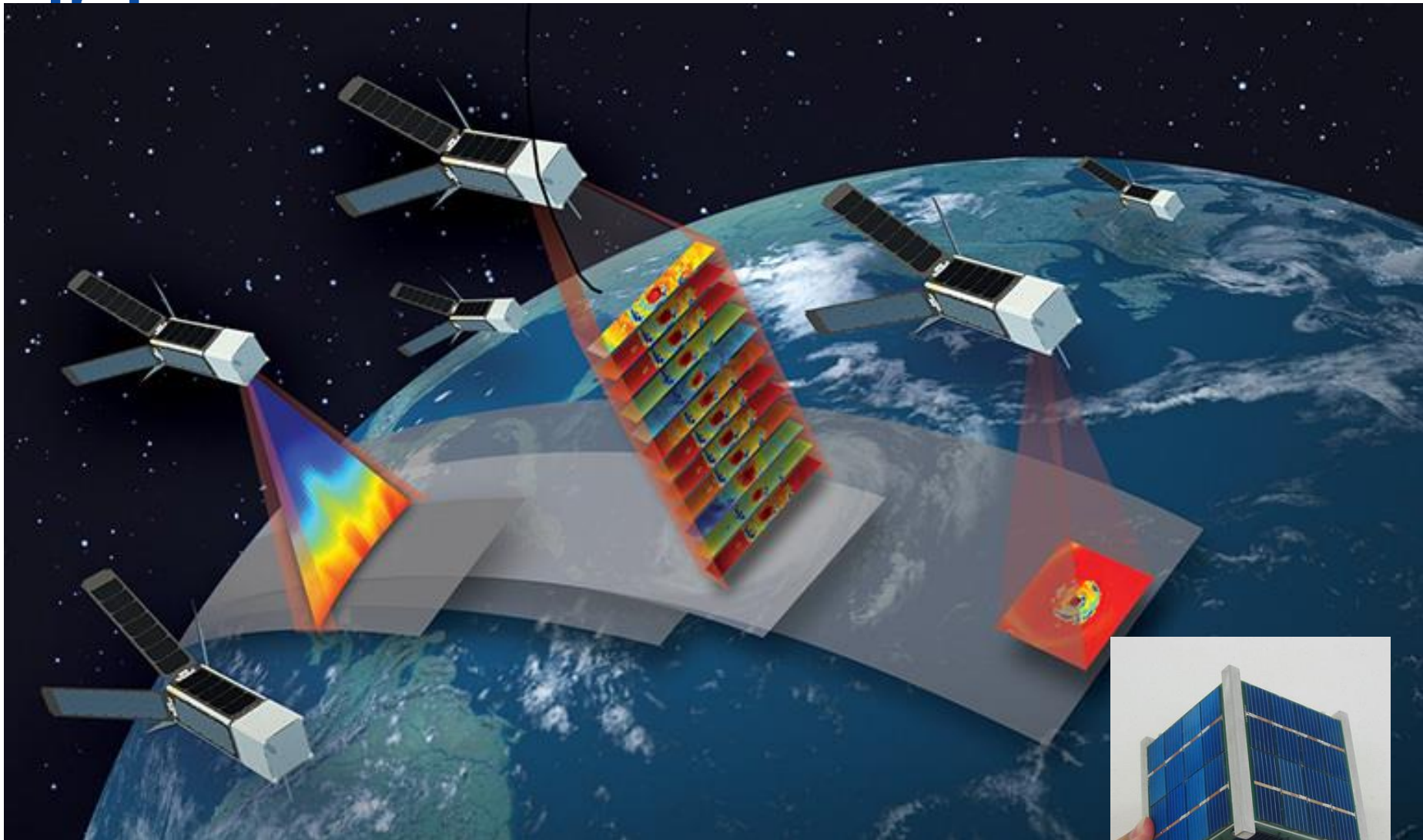
# DETEÇÃO REMOTA E PROCESSAMENTO DE IMAGEM



## Capitulo 1 – A Detecção Remota

- ☐ O que é da Detecção Remota
- ☐ Radiação Electromagnética
- ☐ Frequência radar
- ☐ Interacção com atmosfera
- ☐ Interacção Radiação-Alvo
- ☐ Assinatura Espectral
- ☐ Detecção Passiva vs Activa
- ☐ Sensores Ópticos
- ☐ Características das imagens
- ☐ Resolução Espacial, Espectral, Radiométrica e Temporal
- ☐ Formato dos dados
- ☐ Sistemas de imagens
- ☐ Distorção geométrica das imagens





CubeSat





These small satellites range in size from a loaf of bread to a small washing machine and weigh from a few to 400 pounds. Their small size keeps development and launch costs down as they often hitch a ride to space as a "secondary payload" on another mission's rocket – providing an economical avenue for testing new technologies and conducting science.

"NASA is increasingly using small satellites to tackle important science problems across our mission portfolio," said Thomas Zurbuchen, associate administrator of NASA's Science Mission Directorate in Washington. "They also give us the opportunity to test new technological innovations in space and broaden the involvement of students and researchers to get hands-on experience with space systems."

Small-satellite technology has led to innovations in how scientists approach Earth observations from space. These new missions, five of which are scheduled to launch during the next several months, will debut new methods to measure hurricanes, Earth's energy budget, aerosols, and weather.

"NASA is expanding small satellite technologies and using low-cost, small satellites, miniaturized instruments, and robust constellations to advance Earth science and provide societal benefit through applications," said Michael Freilich, director of NASA's Earth Science Division in Washington.

Scheduled to launch this month, RAVAN, the Radiometer Assessment using Vertically Aligned Nanotubes, is a [CubeSat](#) that will demonstrate new technology for detecting slight changes in Earth's energy budget at the top of the atmosphere – essential measurements for understanding greenhouse gas effects on climate. RAVAN is led by Bill Swartz at the Johns Hopkins Applied Physics Laboratory in Laurel, Maryland.

In spring 2017, two CubeSats are scheduled to launch to the International Space Station for a detailed look at clouds. Data from the satellites will help improve scientists' ability to study and understand clouds and their role in climate and weather.

IceCube, developed by Dong Wu at NASA's Goddard Space Flight Center in Greenbelt, Maryland, will use a new, miniature, high-frequency microwave radiometer to measure cloud ice. HARP, the Hyper-Angular Rainbow Polarimeter, developed by Vanderlei Martins at the University of Maryland Baltimore County in Baltimore, will measure airborne particles and the distribution of cloud droplet sizes with a new method that looks at a target from multiple perspectives.

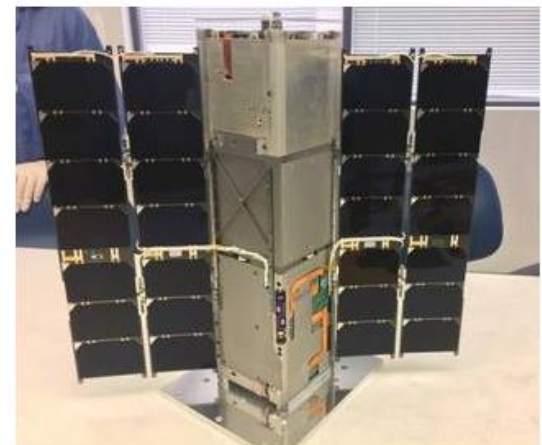
In early 2017, MiRaTA – the Microwave Radiometer Technology Acceleration mission – is scheduled to launch into space with the National Oceanic and Atmospheric Administration's Joint Polar Satellite System-1. MiRaTA packs many of the capabilities of a large weather satellite into a spacecraft the size of a shoebox, according to principal investigator Kerri Cahoy from the Massachusetts Institute of Technology in Cambridge. MiRaTA's miniature sensors will collect data on temperature, water vapor and cloud ice that can be used in weather forecasting and storm tracking.

The RAVAN, HARP, IceCube, and MiRaTA CubeSat missions are funded and managed by NASA's [Earth Science Technology Office \(ESTO\)](#) in the Earth Science Division. ESTO supports technologists at NASA centers, industry, and academia to develop and refine new methods for observing Earth from space, from information systems to new components and instruments.



TROPICS, a new NASA Earth-observing mission announced this year, will study the insides of hurricanes with a constellation of 12 CubeSats.

*Credits: MIT Lincoln Laboratory*



The RAVAN CubeSat set to launch this month to demonstrate new technologies for measuring Earth's energy balance, a key factor in climate studies.

*Credits: The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory*



# O que é a Detecção Remota?

3+

A Detecção Remota é um conjunto de métodos para adquirir dados acerca da superfície da Terra, sem estar em contacto com esta.



É uma tentativa de medir algo à distância

A Detecção Remota é o processo de medição e monitorização das características físicas da superfície da Terra, sem estar em contacto com esta.

# A Detecção Remota

1+

Isto é conseguido por detecção e registo da radiação electromagnética (REM) reflectida ou emitida pelos objectos na superfície da Terra e transportada até ao sensor (em geral a bordo dum satélite ou avião).

Os dados da Detecção Remota podem ser

- ☐ medições discretas pontuais ou
- ☐ um perfil ao longo de um percurso de satélite (scan)

**MAS**, nesta disciplina estamos principalmente interessados em medições no espaço bidimensional,  
ou seja **IMAGEM**.



# Detecção Remota : Motivação

Fornece informação única para resolver os desafios sociais de escala global



Climate Change



Environment



Resources



Sustainable Development



Megacities



Mobility



Hazards

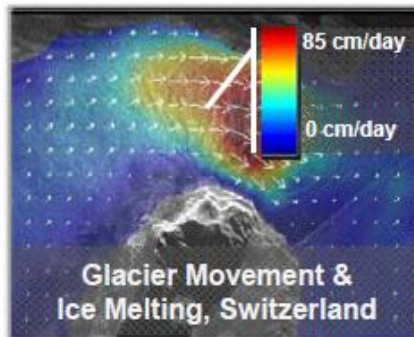


Disaster

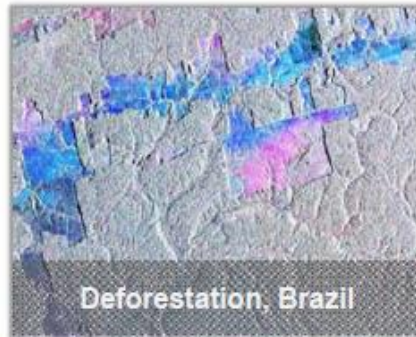


# Detecção Remota : Motivação

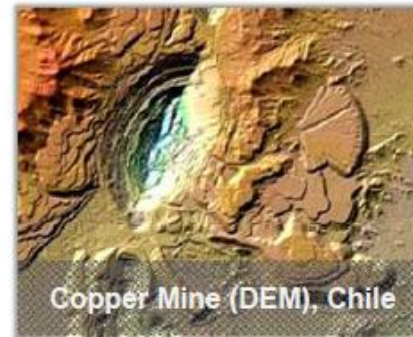
Fornece informação única para resolver os desafios sociais de escala global



Climate Change



Environment



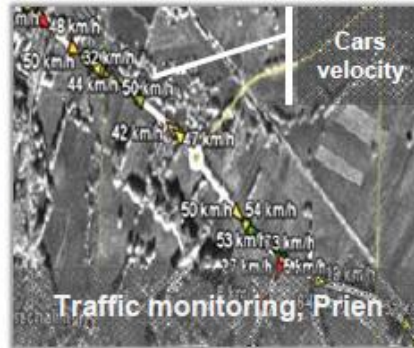
Resources



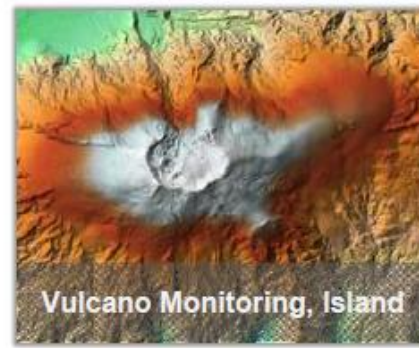
Sustainable Development



Megacities



Mobility



Hazards



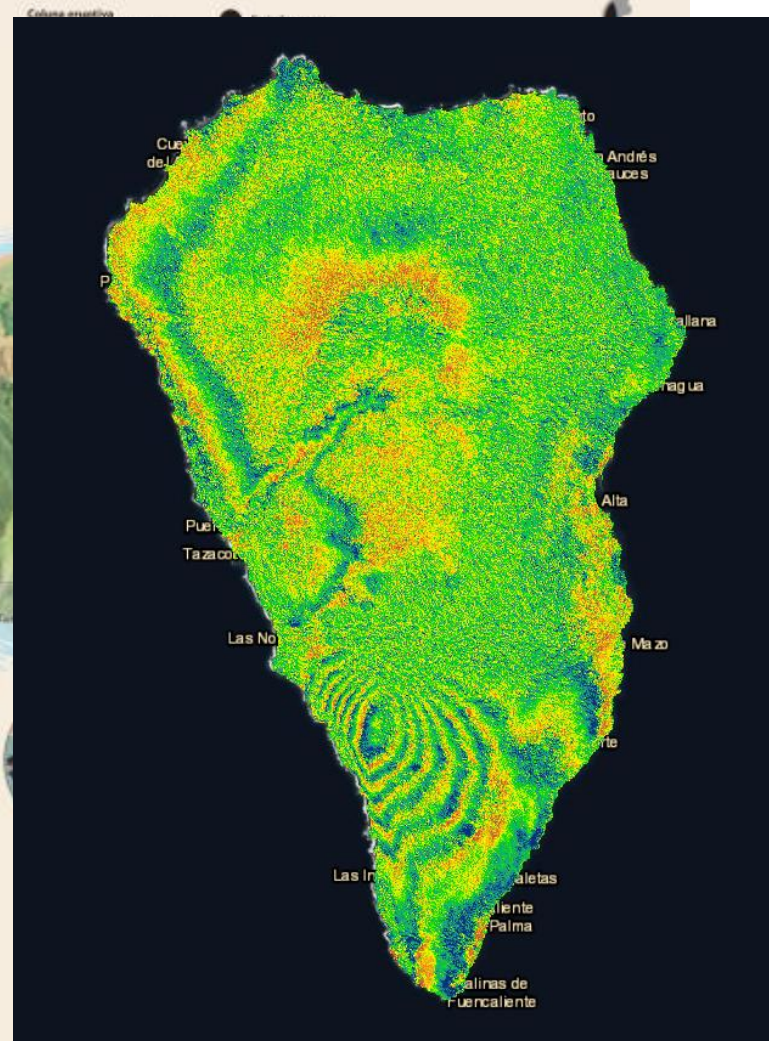
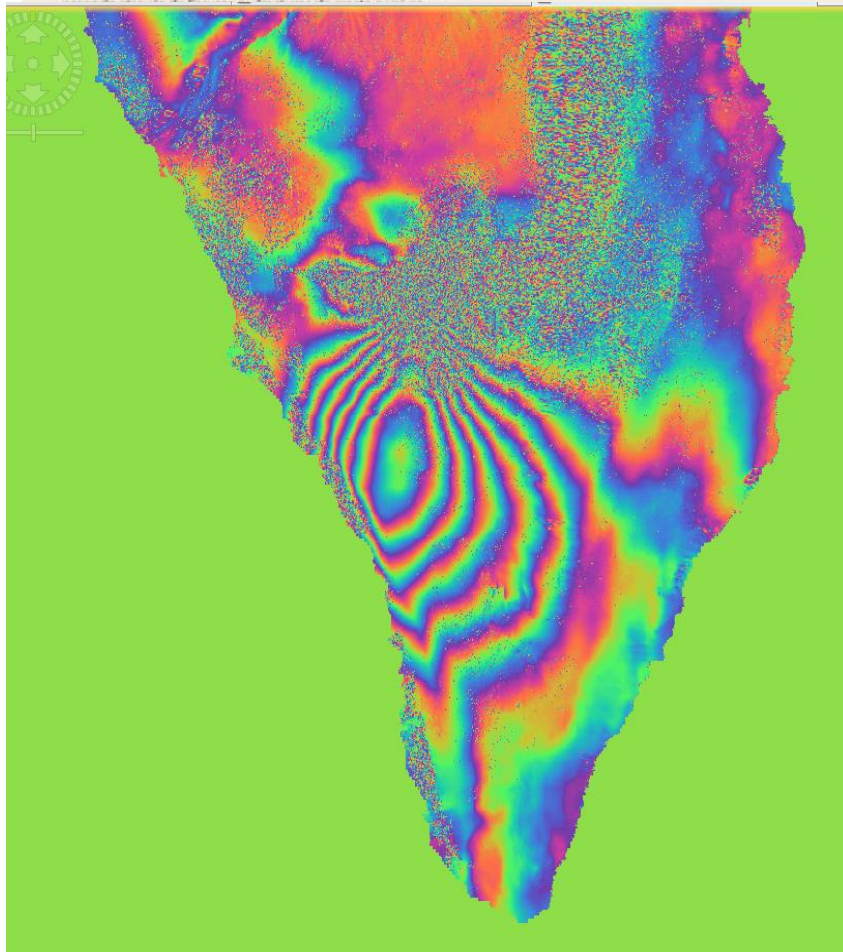
Disaster



# Erupção La Palma 2021

## RADIOGRAFIA DE UM VULCÃO

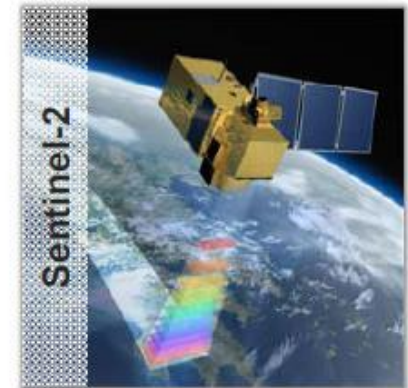
As Canárias formaram-se pela actividade vulcânica no fundo oceânico quando o magma, proveniente do interior da Terra,



# Detecção Remota Multiespetral

Medição das propriedades dos objetos à distancia com instrumentos dedicados

- **Acquired information**
  - spatial (geometric resolution)
  - spectral (frequency resolution)
  - intensity (radiometric resolution)
  - temporal (revisit time)
- **Different types of remote sensing sensors:**
  - Optical and infrared sensors
    - passive:
      - High-resolution
      - Multispectral, hyperspectral
    - active: Lidar

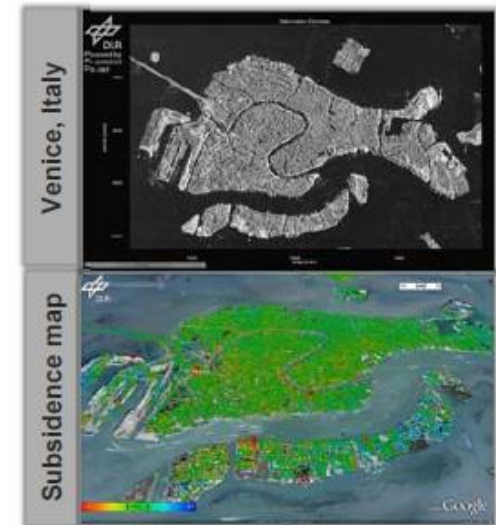




# Detecção Remota Microondas

Medição das propriedades dos objetos à distancia com instrumentos dedicados

- **Acquired information**
  - spatial (geometric resolution)
  - spectral (frequency resolution)
  - intensity (radiometric resolution)
  - temporal (revisit time)
- **Different types of remote sensing sensors:**
  - **Microwave sensors**
    - passive (radiometers)
    - active (radars)
      - Scatterometer, Altimeter
      - Synthetic Aperture Radar - SAR

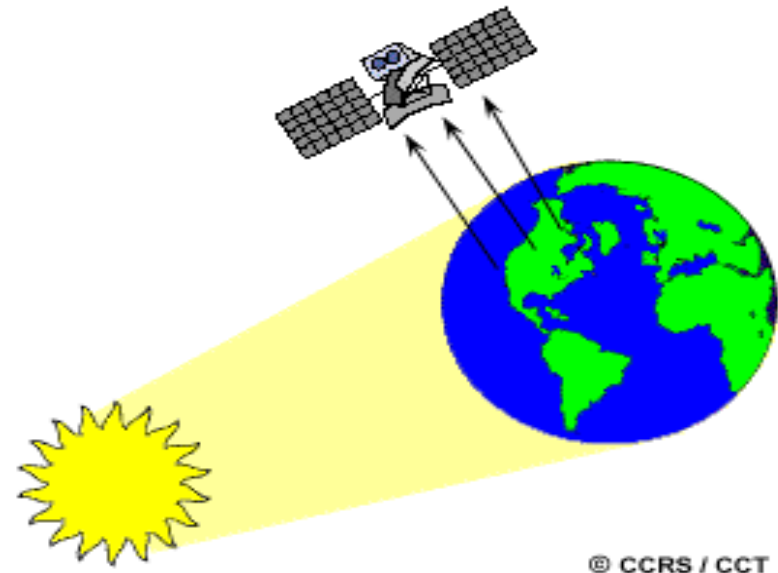


# Detecção Passiva vs Activa

1+

**A energia do Sol é:**

- ❑ **reflectida**, no caso dos comprimentos de onda no visível, ou
- ❑ **Reemitida**, no caso do infravermelho térmico.



## Sensores Passivos

Os sistemas de Detecção Remota que registam a energia disponível.

Só funciona de dia quando há luz Solar

A energia do IV térmico pode ser detectada de noite ou de dia desde que em quantidade suficiente para ser registada



# Detecção Passiva vs Activa

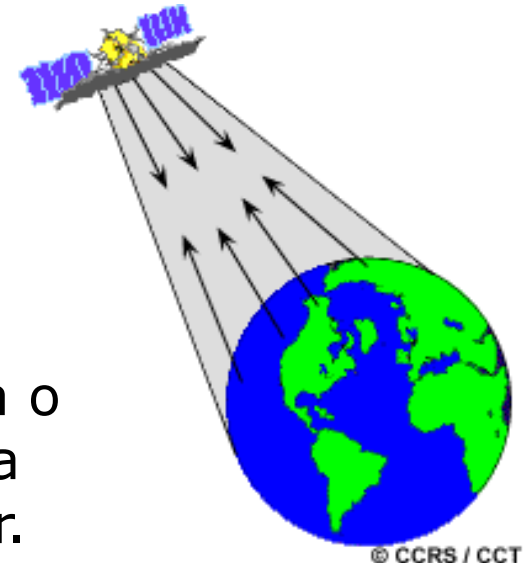
## Sensores Activos

Os Sensores Activos têm a sua própria fonte de iluminação.

O sensor emite radiação directamente para o alvo a ser investigado. A radiação reflectida pelo alvo é detectada e medida pelo sensor.

As vantagens dos sensores activos é que podem funcionar a qualquer hora do dia

Estes sensores podem ser usados para examinar a interação com a superfície de comprimentos de onda que são fracamente fornecidos pelo Sol – tipo micro-ondas.





# Tipos de sensores

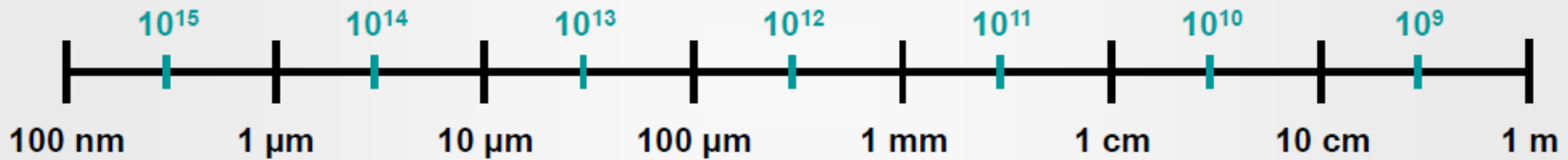
*Spaceborne sensors for Earth remote sensing with electromagnetic waves*

## active sensors

Lidar

Radar

Frequency (Hz)



visible thermal Infrared

Infrared

optical  
sensors

wave length

Microwave  
radiometers

## passive sensors

*Microwaves: 300 MHz – 300 GHz:  
(1 m – 1 mm)*

# Detecção Remota Multiespectral

---

A era moderna da Detecção Remota começou com o primeiro

**LandSat Multispectral Scanner System (MSS) em 1972,**

Que forneceu pela primeira vez um conjunto consistente de imagens sinópticas de elevada resolução à comunidade científica mundial.

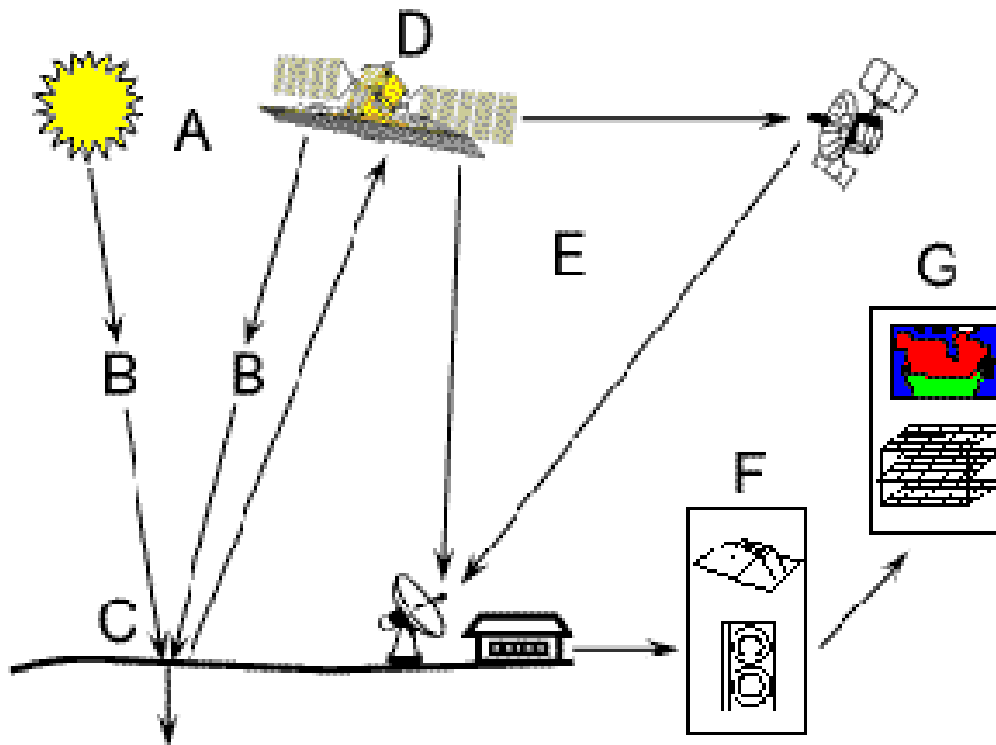
A principal característica deste sensor era a possibilidade de registar várias bandas espectrais (4 bandas, com 100 nm de largura cada) com uma resolução temporal de 18 dias.

Os dados eram adquiridos e difundidos pela primeira vez em formato digital.



# Detecção Remota Multiespetral

Em grande parte da Detecção Remota **o processo** envolve uma interacção entre a radiação incidente e os alvos de interesse.



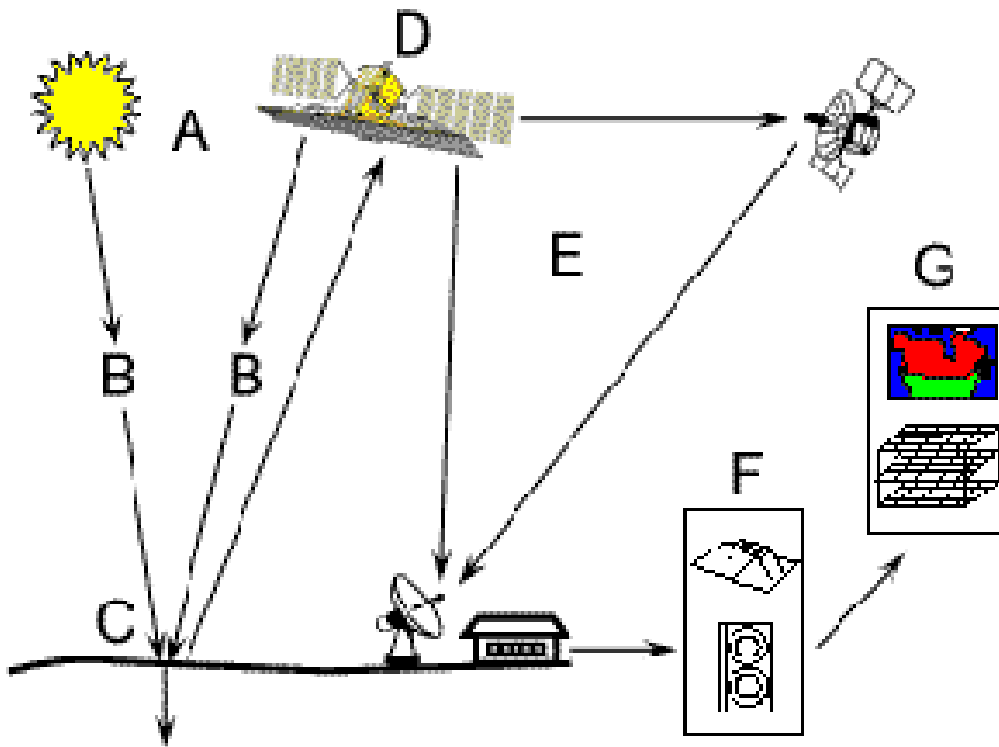
Isto é exemplificado pelo uso de sistemas de imagem onde os sete elementos indicados na figura estão envolvidos.

Estes sete elementos compõem o processo de Detecção Remota do começo ao fim.

© CCRS / CCT

# Detecção Remota Multiespectral

6+



© CCRS / CCT

A – Fonte de energia

B – radiação e Atmosfera

C – Interacção com alvo

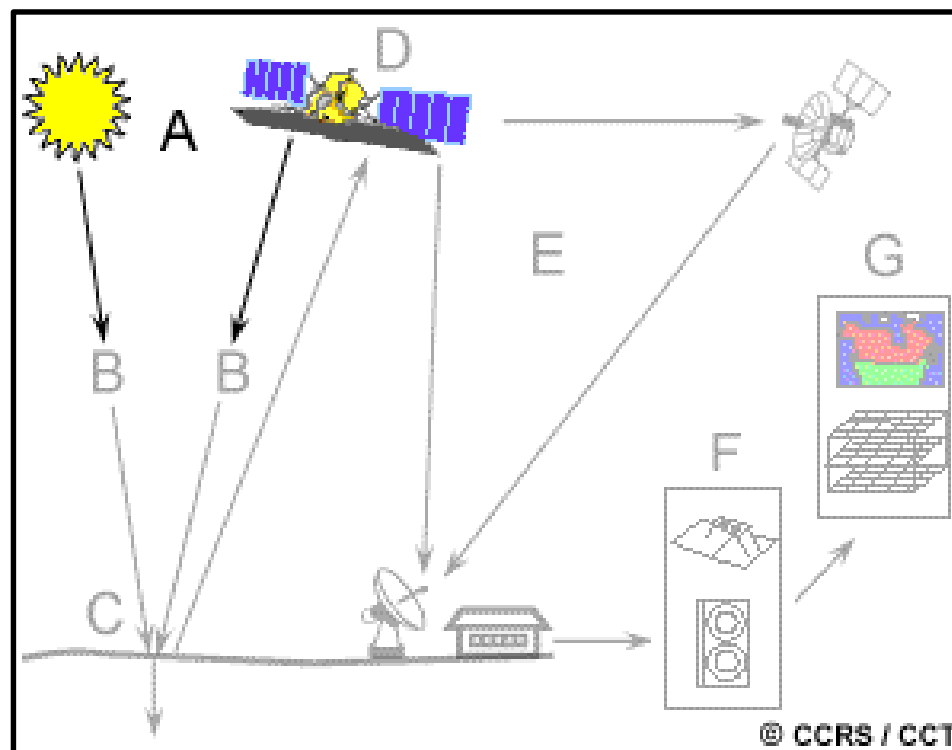
D – Registo da energia pelo sensor

E – Transmissão, recepção e processamento

F – Interpretação e Análise

G - Aplicação

# Radiação Electromagnética



O primeiro requisito para a detecção remota é a existência de uma fonte de energia para iluminar o alvo (a menos que a energia seja emitida pelo alvo). Esta energia é da forma de radiação electromagnética.



# Radiação Electromagnética

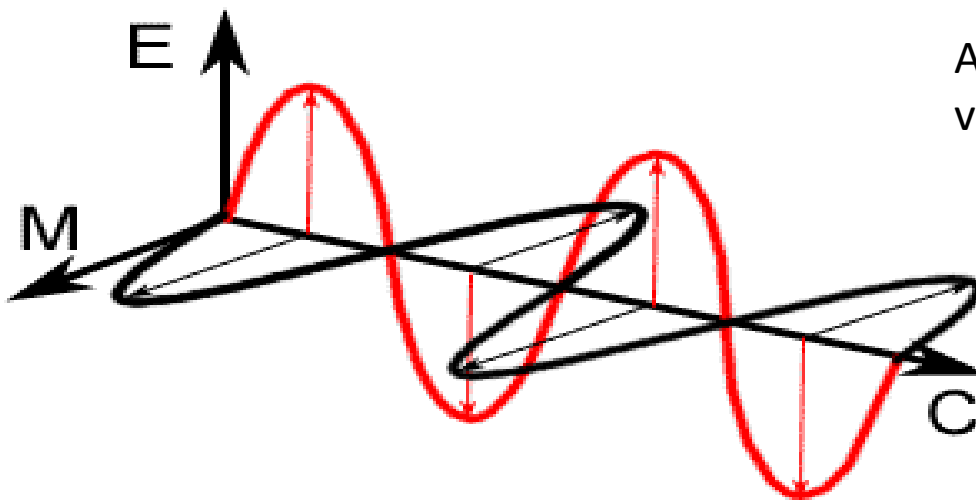
## A radiação Electromagnética consiste

### Campo Eléctrico

Que varia em magnitude numa direcção perpendicular à direcção de deslocamento da radiação

### Campo Magnético

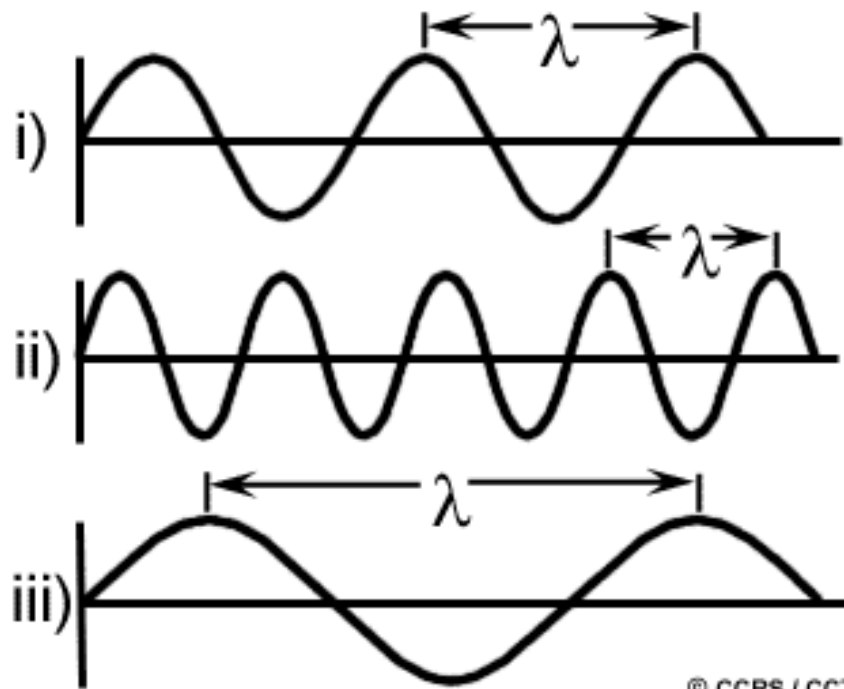
Orientado perpendicularmente ao campo eléctrico.



Ambos se deslocam à velocidade da luz ( $c$ ).

# Radiação Electromagnética

Duas características da radiação electromagnética são particularmente importantes para a compreensão da Detecção Remota. São elas:



**Comprimento de onda  
( $\lambda$ )**

**Frequência  
( $f$ )**

© CCRS / CCT

# Radiação Electromagnética

## Comprimento de onda ( $\lambda$ )

É o comprimento de um ciclo de onda, que pode ser medido como a distância entre duas cristas de onda.

É medido em metro (m) ou sub-fracções do metro: nanómetro (nm,  $10^{-9}$  m), micrómetro ( $\mu\text{m}$ ,  $10^{-6}$  m) ( $\mu\text{m}$ ,  $10^{-6}$  m) ou centímetros (cm,  $10^{-2}$  m).

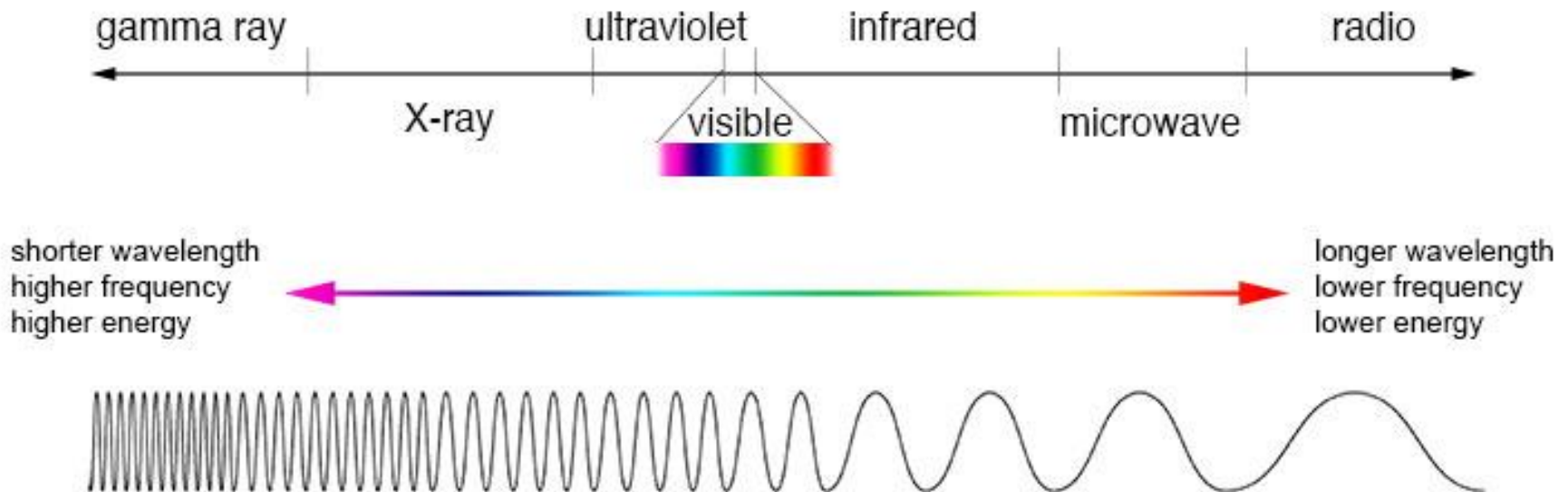
## Frequência (f)

É o número de ciclos de uma onda que passa num ponto fixo por unidade de tempo. A frequência é medida em hertz (Hz) equivalente a um ciclo por segundo.

Também se usa como medida os múltiplos do Hz (kHz, MHz, GHz)



# Radiação Electromagnética



$$c = \lambda f$$

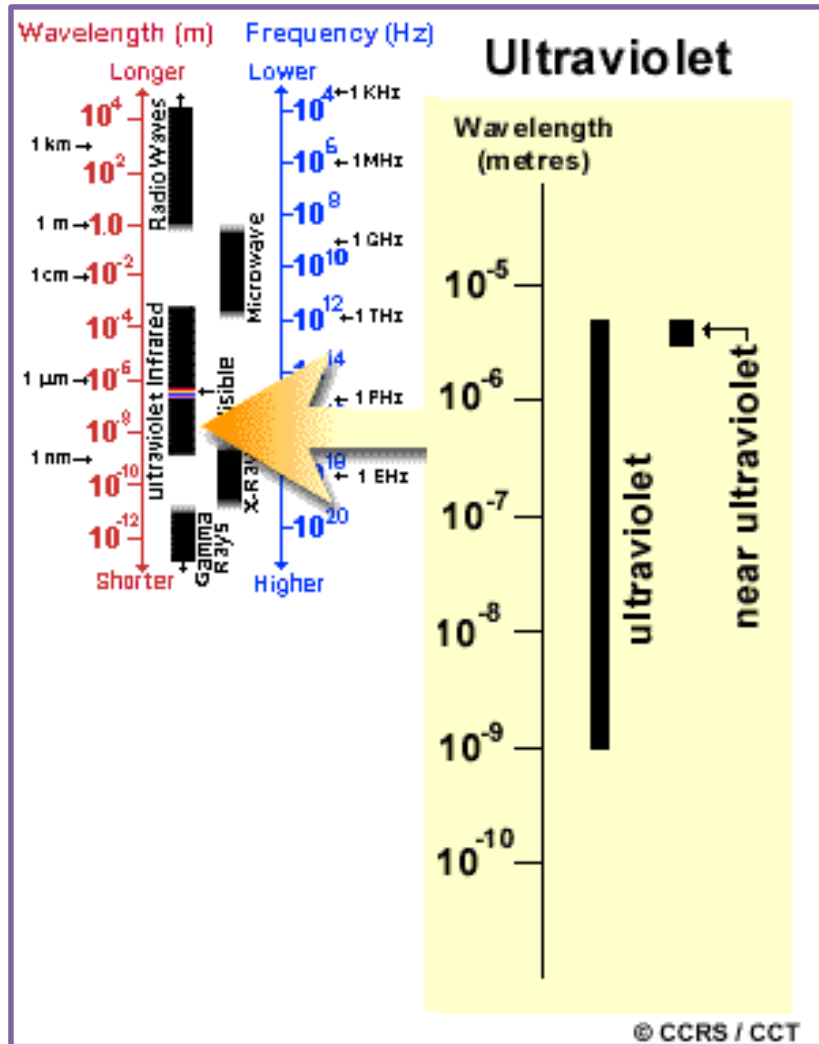
$c$  = velocidade da luz no  
vácuo ( $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ )

$$Q = h \cdot f$$

$Q$  = energia do fóton  
 $h$  = constante de Planck  
( $6.3 \times 10^{-34} \text{ J s}^{-1}$ )

# Espectro Electromagnético

2+

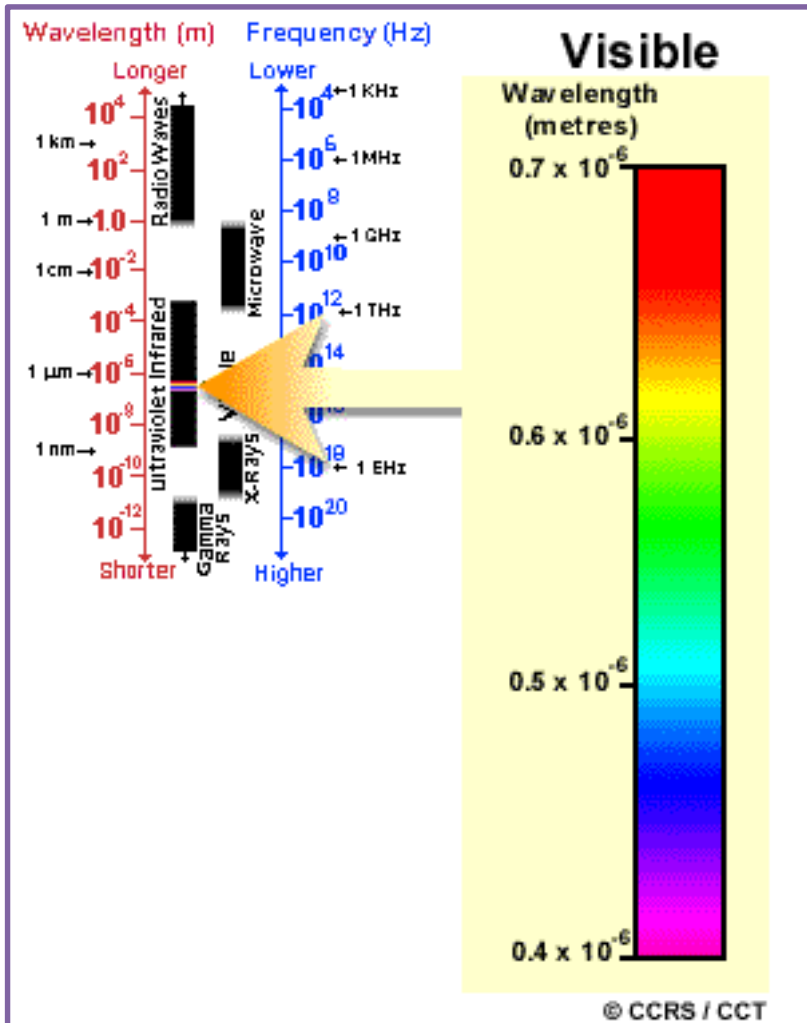


Para a maioria das aplicações, o menor comprimento de onda usado na Detecção Remota é a porção do EE correspondente aos Ultravioleta (UV).

Esta radiação está imediatamente abaixo do violeta (visível), daí o nome.

Alguns elementos na superfície da Terra, rochas e minerais, emitem luz visível quando iluminados por radiação UV.

# Espectro Electromagnético



A luz que os nossos olhos conseguem detectar é a porção designada por espectro visível.

É importante referir o quão pequeno é o visível relativamente à totalidade do espectro.

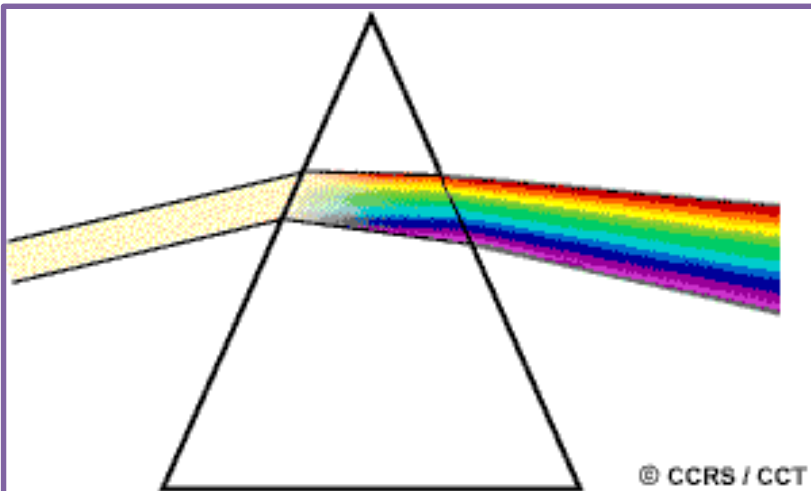
O visível vai desde os  $0.4 \mu\text{m}$  aos  $0.7 \mu\text{m}$

Esta região do espectro está associada ao conceito de cor.



# Espectro Electromagnético

## A COR



<b>Violeta:</b>	<b>0.400 - 0.446 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Azul:</b>	<b>0.446 - 0.500 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Verde:</b>	<b>0.500 - 0.578 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Amarelo:</b>	<b>0.578 - 0.592 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Laranja:</b>	<b>0.592 - 0.620 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Vermelho:</b>	<b>0.620 - 0.700 <math>\mu\text{m}</math></b>

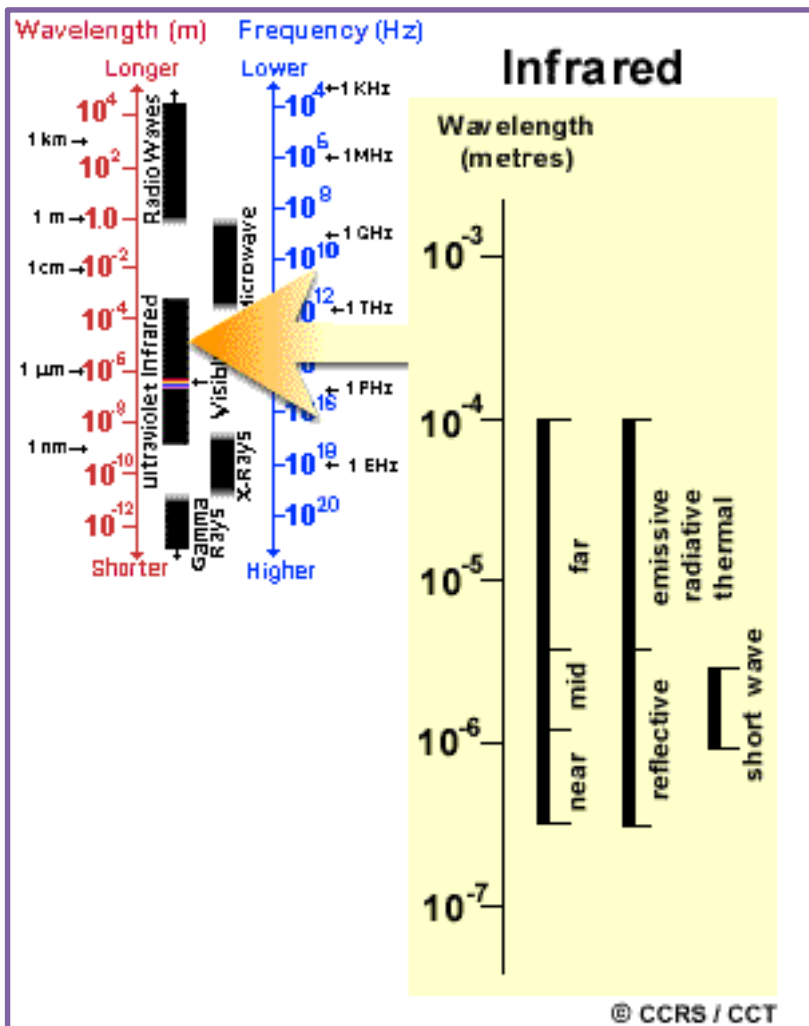
O Azul, Verde e Vermelho são as cores primárias ou comprimentos de onda do espectro visível.

São definidas desta forma porque nenhuma cor primária pode ser construída a partir das outras duas, mas todas as outras podem ser criadas a partir da combinação destas três combinando as proporções.

Embora vejamos a luz do Sol como uma cor uniforme e homogénea é composta de vários comprimentos de onda de radiação essencialmente das regiões do espectro do ultravioleta, visível e infravermelho

# Espectro Electromagnético

1+



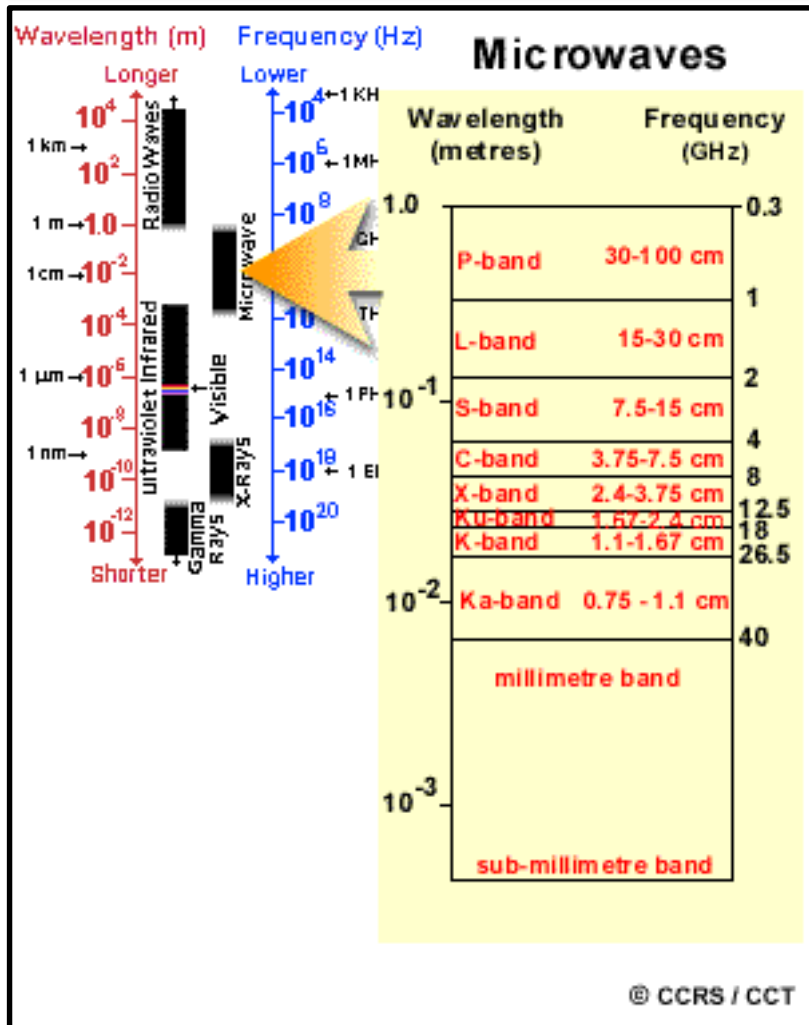
O Infravermelho vai desde os  $0.7 \mu\text{m}$  aos  $100 \mu\text{m}$

A região do infravermelho é dividida em duas categorias:

- ☐ IV reflectido ( $0.7\mu\text{m}$  a  $3.0\mu\text{m}$ )
- ☐ IV térmico ( $3.0\mu\text{m}$  a  $100 \mu\text{m}$ )

O IV térmico é diferente do visível uma vez que a energia é essencialmente a radiação emitida pela Terra sob a forma de calor.

# Espectro Electromagnético



A **região das microondas** vai desde 1mm a 1m.

Cobre a maior região usada na detecção remota.

Os pequenos comprimentos de onda têm um comportamento idêntico ao infravermelho térmico enquanto que os grandes comprimentos de onda têm um comportamento idêntico às ondas rádio



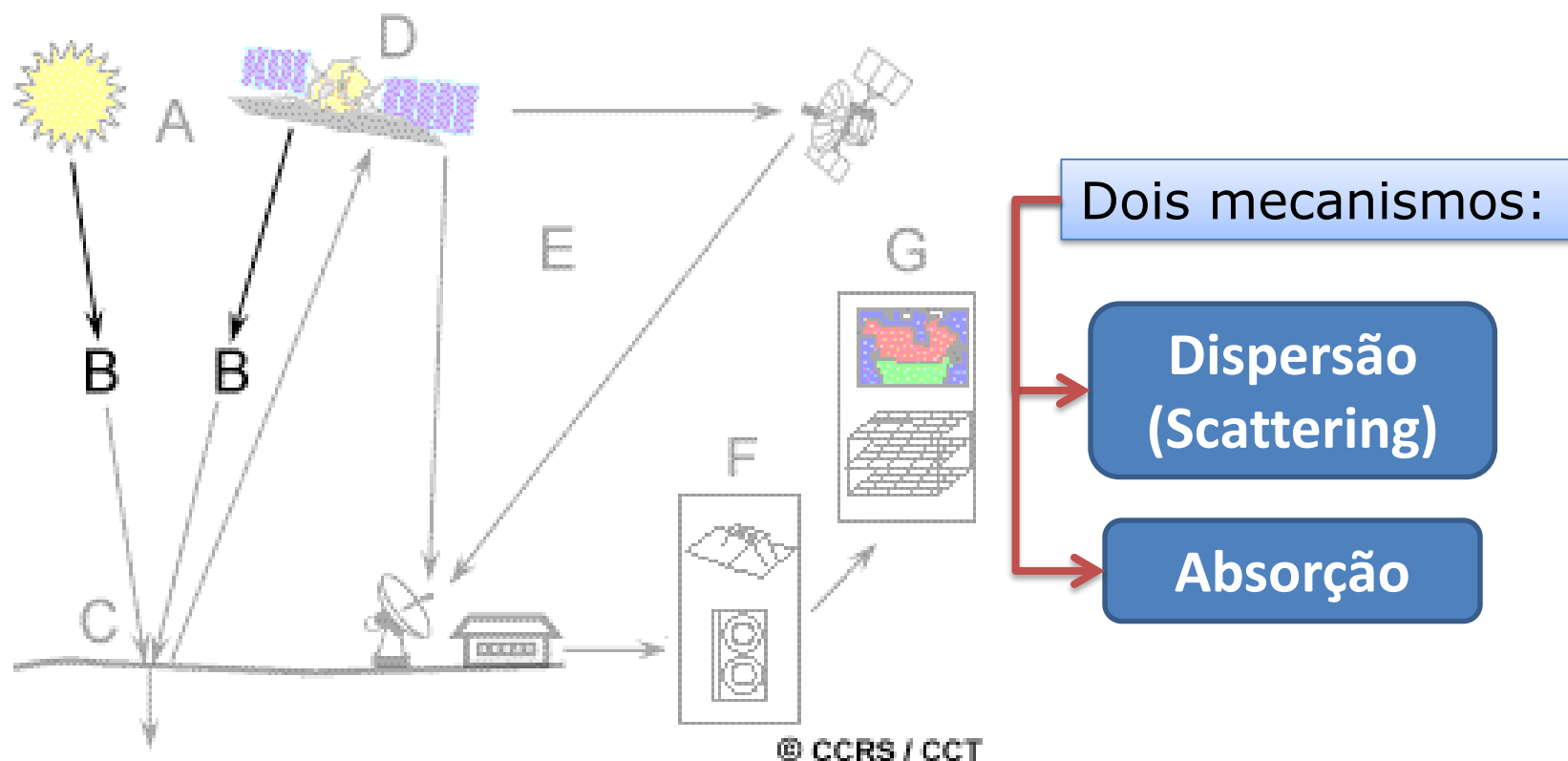
# Espectro Electromagnético

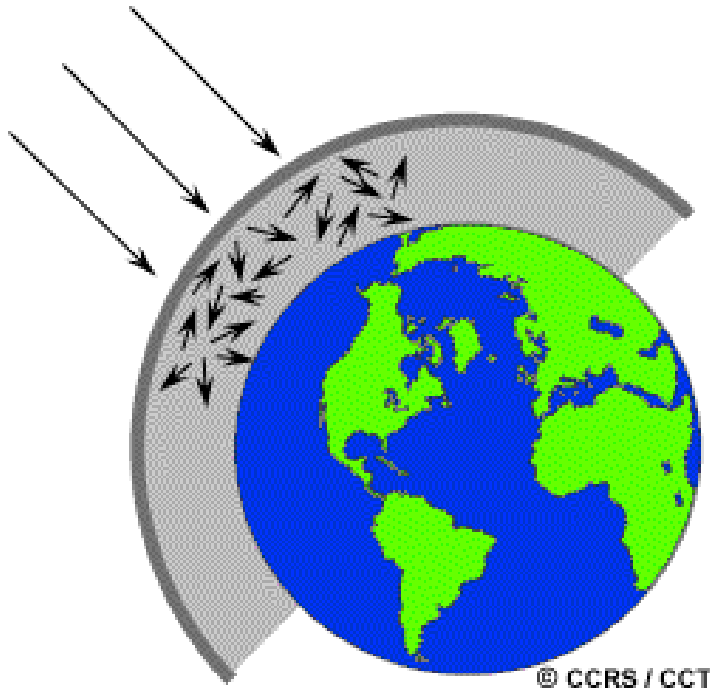
A região das microondas também se designa RADAR que é o acrónimo de Radio Detection And Ranging

Designação	Frequência (GHz)	Comp. Onda (cm)
P		
L	1-2	15-30
S	2-4	7.5-15
C	4-8	3.8-7.5
X	8-12.5	2.4-3.8
Ku	12.5-18	1.7-2.4
K	18-26.5	1.1-1.7
Ka	26.5-40	0.8-1.1
W	> 50	< 0.6

# Interacção com a Atmosfera

As partículas e gases da atmosfera afectam a radiação registada pelo sensor a bordo do satélite





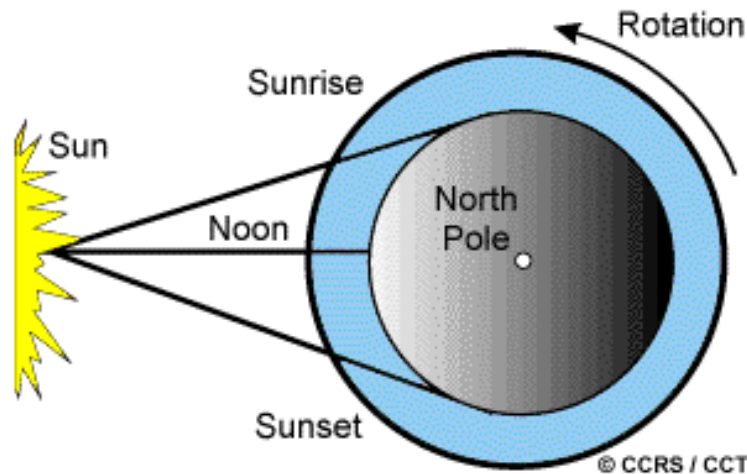
A **Dispersão** consiste na alteração da direção de propagação da radiação eletromagnética (ou do fóton) sem que ocorra troca de energia com a atmosfera.

Três tipos de dispersão:

Rayleigh

Mie

O processo de dispersão da radiação depende da relação entre o comprimento de onda da radiação incidente e o diâmetro ( $D$ ) das partículas intervenientes.



## A dispersão Rayleigh

ocorre quando as partículas são muito pequenas quando comparadas com o comprimento de onda da radiação (pequenas partículas de pó ou moléculas de oxigénio ou nitrogénio).

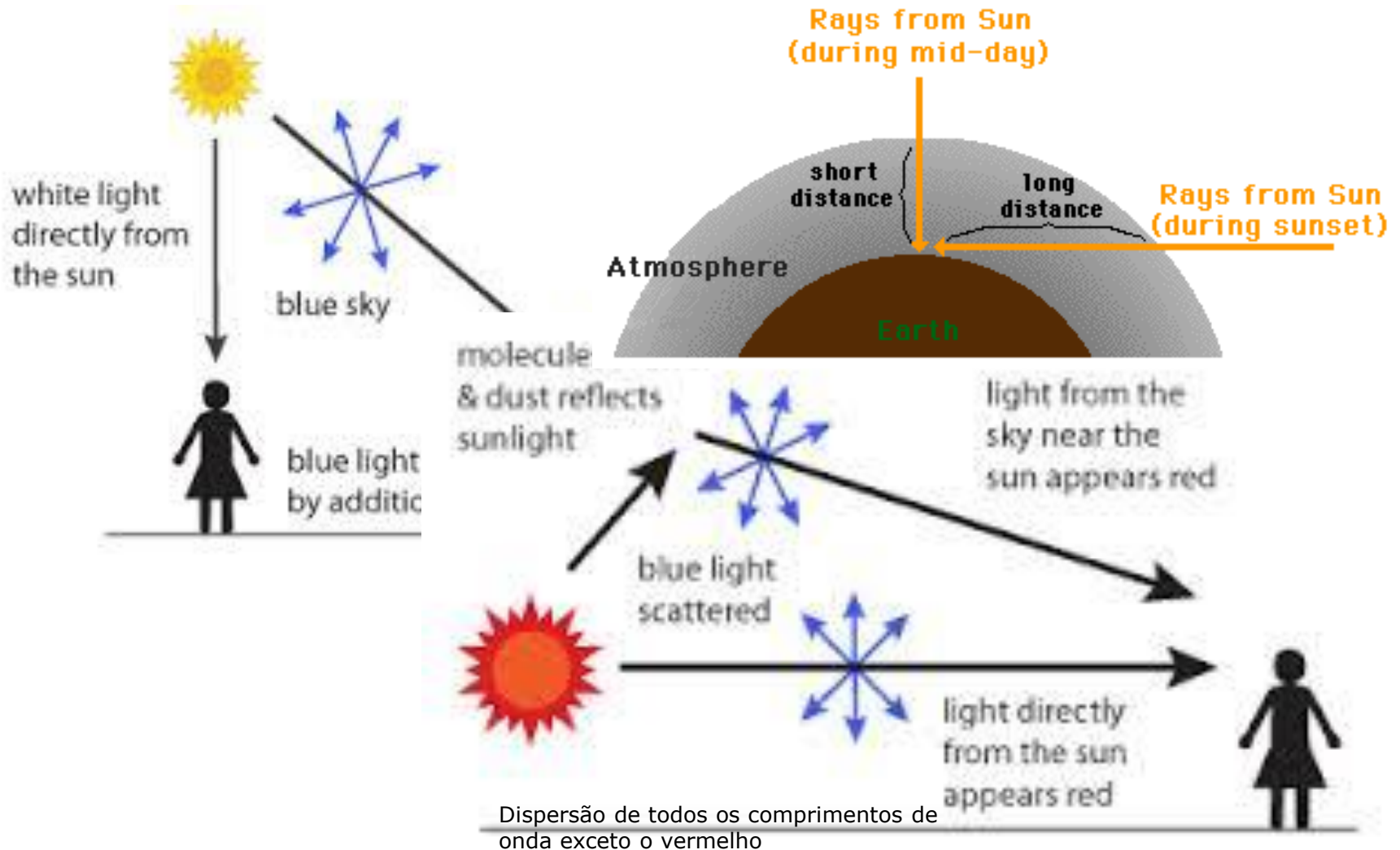
A dispersão Rayleigh é o resultado de uma maior dispersão nos pequenos comprimento de onda que nos grandes comprimentos de onda (por isso o céu é azul).

A dispersão Rayleigh é dependente do comprimento de onda  $\sim \lambda^{-4}$

$I(400\text{ nm}) > 9 * I(700\text{ nm})$ : a Intensidade de scattering a 400 nm é 9 vezes maior que a 700 nm



# A dispersão Rayleigh



# Interacção com a Atmosfera

A **dispersão de Mie** ocorre quando as partículas são do mesmo tamanho que o comprimento de onda da radiação.

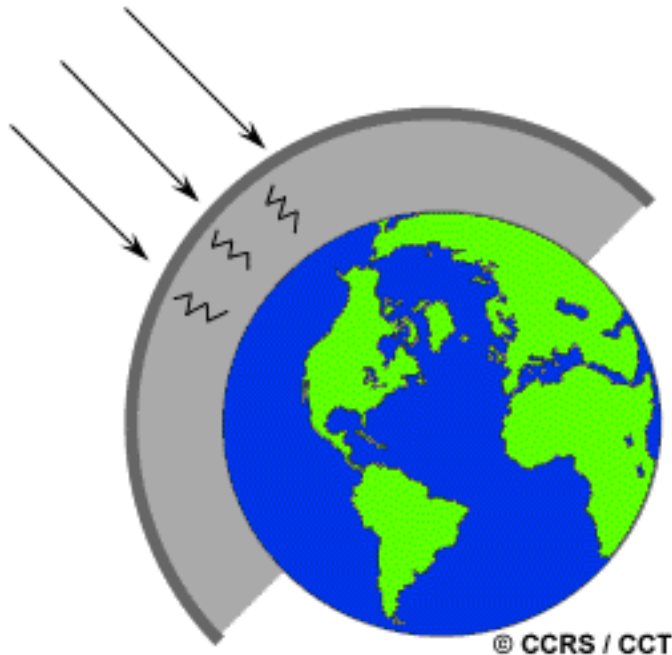
São exemplos: o pó, pólen, fumo e vapor de água

Estes elementos causam a dispersão Mie que tem tendência para afectar **maiores comprimentos** de onda que a dispersão de Rayleigh.

A dispersão de Mie ocorre nas porções mais baixas da atmosfera onde as grandes partículas são mais abundantes.

É o caso da dispersão da luz visível por gotículas das nuvens traduzido na cor esbranquiçada das nuvens

# Interacção com a Atmosfera



**Absorção:** este fenómeno faz com que as moléculas na atmosfera absorvam energia nos vários comprimentos de onda.

O ozono, dióxido de carbono e o vapor de água são os três constituintes atmosféricos que absorvem radiação.

O **Ozono** absorve a radiação ultravioleta prejudicial à maioria dos seres vivos.

# Interacção com a Atmosfera

---

Já ouvimos referir que o **dióxido de carbono** é o gás de efeito de estufa.

Isto é porque tende a absorver (fortemente) radiação na porção do espectro do infravermelho afastado – a área associada ao aquecimento térmico – que provoca o aquecimento da atmosfera.

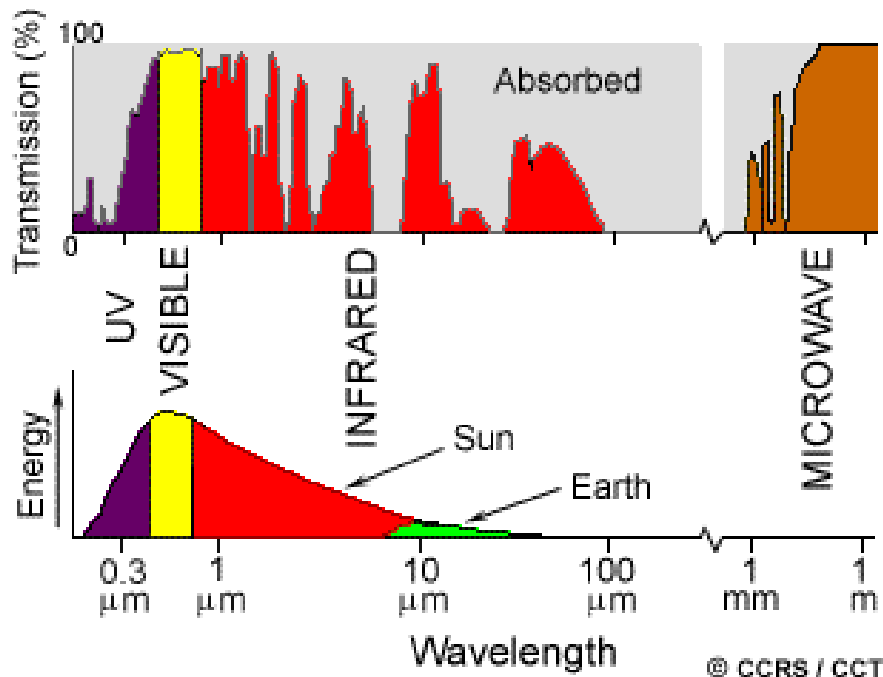
O **vapor de água** na atmosfera absorve muitos dos grandes comprimentos de onda no infravermelho afastado e nas microondas.

A presença de vapor de água na atmosfera varia muito no tempo e no espaço.

O vapor de água é um elemento importante na degradação da qualidade do registo da radiação pelo sensor.



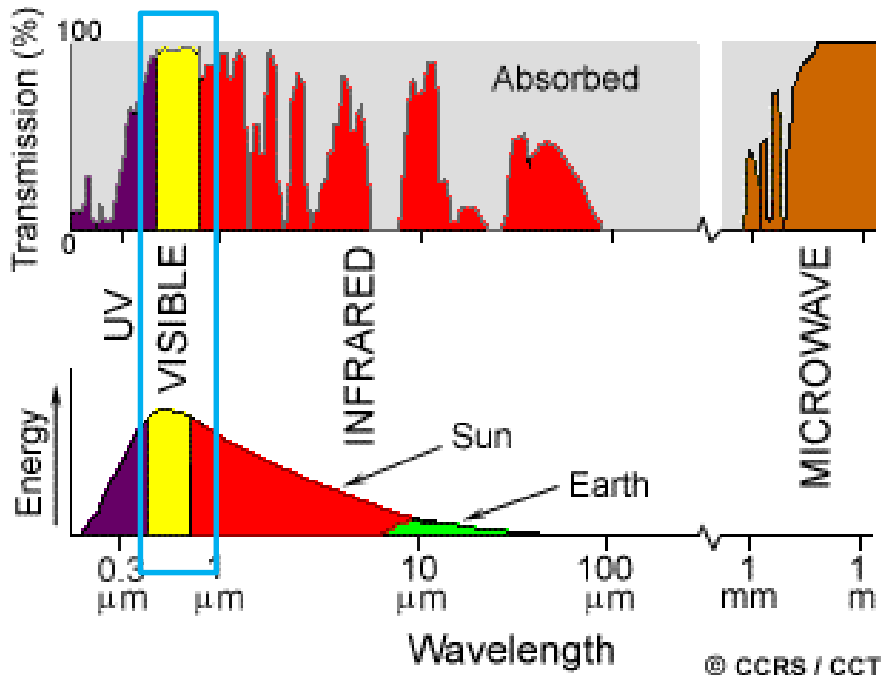
# Interacção com a Atmosfera



Como estes gases absorvem energia electromagnética em regiões muito específicas do espectro, eles influenciam onde podemos “olhar” para efeitos da detecção remota.

Essas áreas do espectro que não são severamente influenciadas pela absorção atmosférica, e são consequentemente úteis para a detecção remota, são chamadas: **janelas atmosféricas** (atmospheric windows)

# Interacção com a Atmosfera

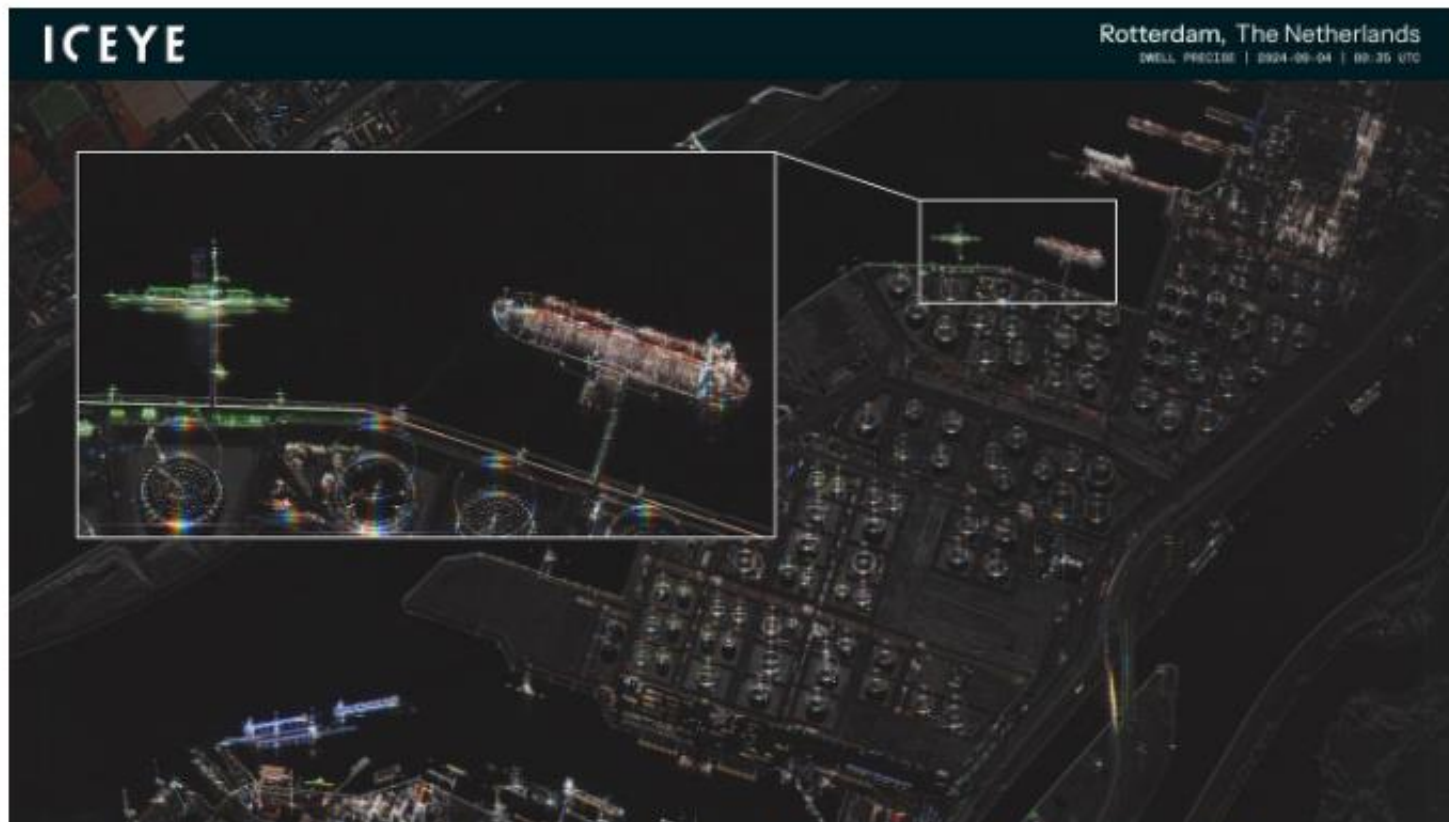


A parte visível do espectro, aos quais os nossos olhos são sensíveis, corresponde a uma janela atmosférica e também a um pico de energia do Sol.

A energia calorífica emitida pela Terra corresponde a uma janela em torno dos 10  $\mu\text{m}$  no IV térmico e a grande janela dos comprimentos de onda maiores que 1mm corresponde às microondas.

# Iceye Debuts 25 cm SAR Imagery Resolution

By Rachel Jewett | October 2, 2024



Iceye Dwell Precise SAR image of the port of Rotterdam, The Netherlands taken in early September 2024. Photo: Iceye

**Iceye** now has the capability to offer 25 cm resolution for its synthetic aperture radar (SAR) imagery. The new feature announced Wednesday is called “Dwell Precise” and it is based on the 1200 MHz radar bandwidth, which is the maximum that commercial satellites are allowed to use.



Ciências  
ULisboa

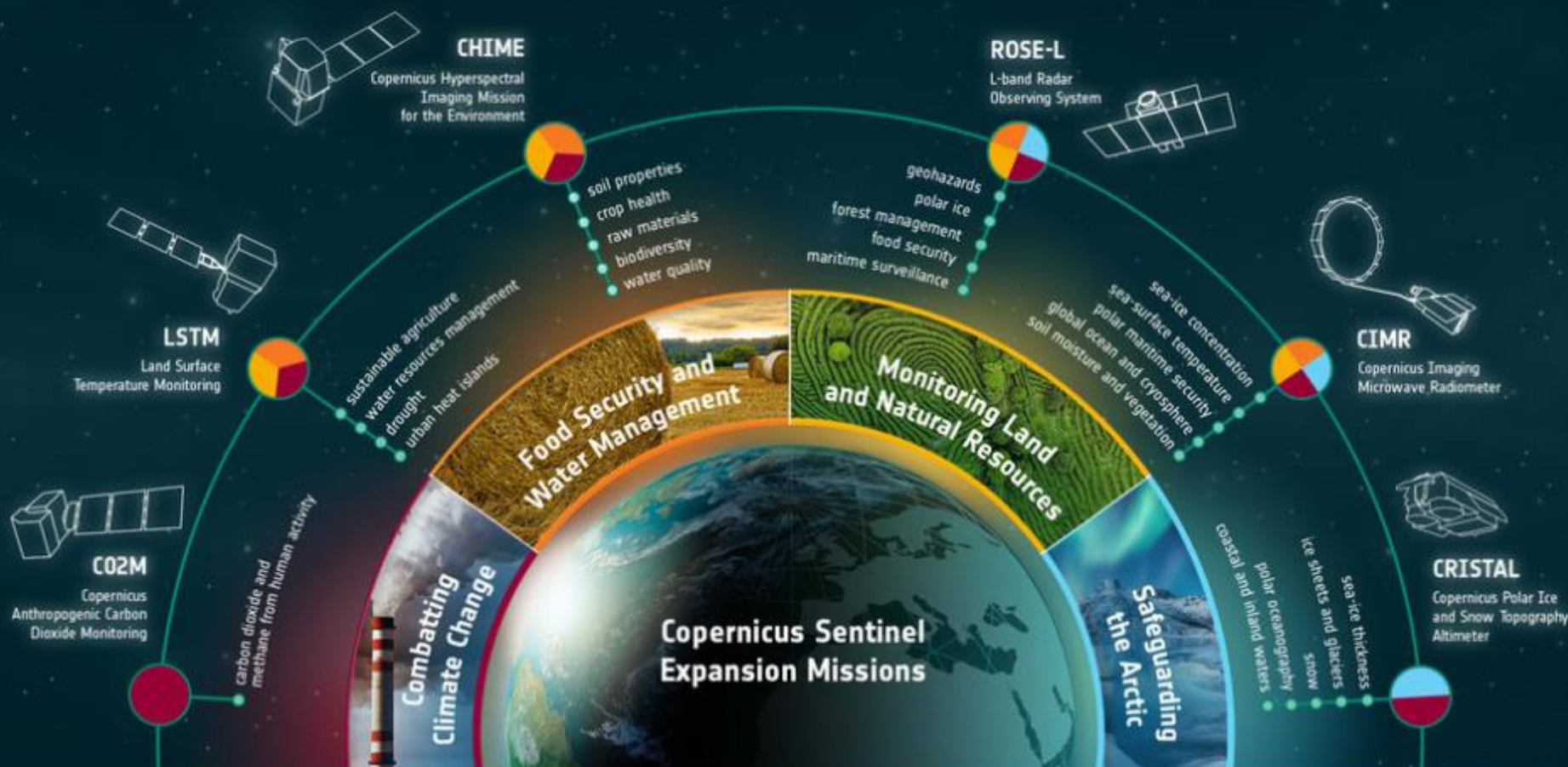
# The Copernicus Sentinel Expansion Missions



PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION



co-funded with





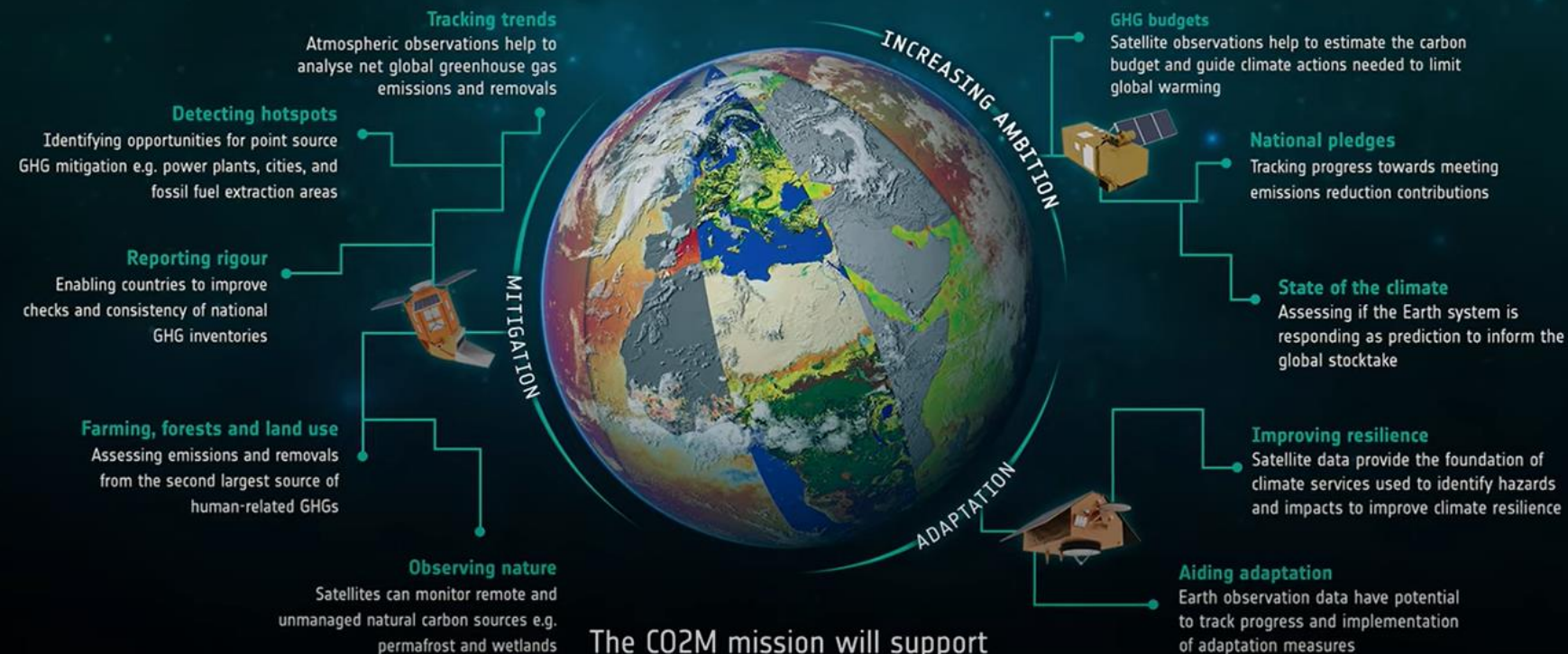
# CO2M: Copernicus Anthropogenic Carbon Dioxide Monitoring

The Copernicus Anthropogenic Carbon Dioxide Monitoring (CO2M) mission will be the first of the Sentinel Expansion Missions to be launched. The constellation includes a total of three satellites, CO2M-A and CO2M-B currently under development, and CO2M-C whose implementation will be initiated in 2025. The CO2M satellites will orbit Earth in Sun-synchronous orbits, at an altitude of 735 km.

## Supporting the Paris Agreement from Space



The Paris Agreement aims to keep global temperatures well below 2°C and ideally 1.5°C relative to the pre-industrial period and reduce climate change vulnerability. Satellite observations are increasingly contributing to national mitigation and adaptation progress to meet these objectives.



## **CIMR: Copernicus Imaging Microwave Radiometer Mission**

The Copernicus Imaging Microwave Radiometer Mission (CIMR) will provide decision-makers with evidence of change and impact in the polar regions – with a focus on the Arctic.

The mission, comprising a constellation of two satellites, features the largest radiometer developed by ESA to provide high-resolution measurements of sea-ice concentration, sea-surface temperature, sea-surface salinity and snow. CIMR places the Arctic in a global context to support solutions for this fragile region and to combat the effects of climate change worldwide.

## **CHIME: Copernicus Hyperspectral Imaging Mission**

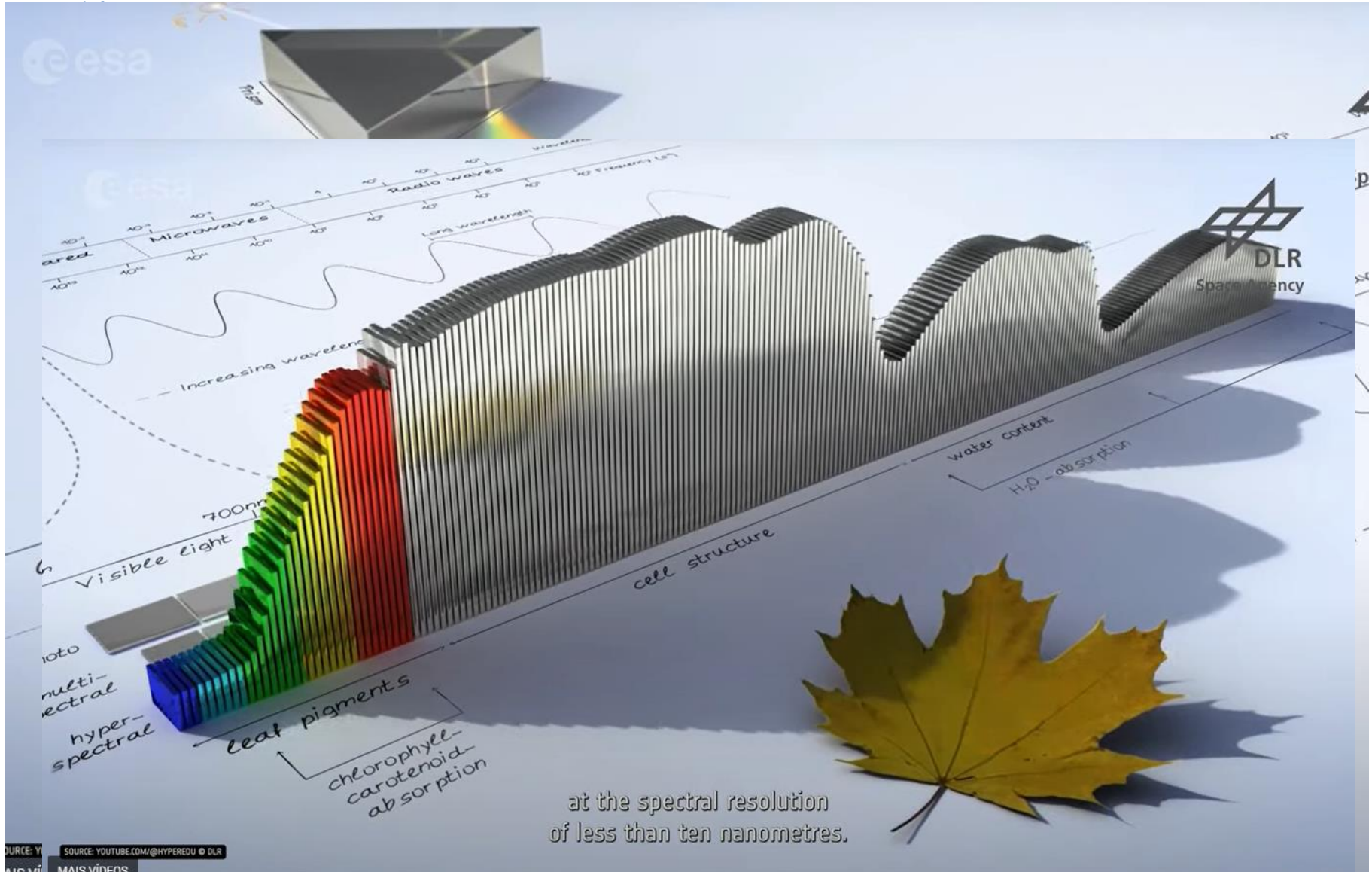
The Copernicus Hyperspectral Imaging Mission for the Environment, or CHIME, is being developed to support EU policies on the management of natural resources – ultimately helping to address the global issue of food security.

CHIME will carry a unique visible to shortwave infrared spectrometer to provide routine hyperspectral observations to support new and enhanced services for sustainable agricultural and biodiversity management, as well as soil property characterisation.



[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Future\\_of\\_Copernicus\\_Expansion\\_Missions\\_secured?utm\\_source=substack&utm\\_medium=email](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Future_of_Copernicus_Expansion_Missions_secured?utm_source=substack&utm_medium=email)

Ciências



## **Cristal: Copernicus Polar Ice and Snow Topography Altimeter**

The Copernicus Polar Ice and Snow Topography Altimeter (Cristal) mission will provide a full picture of the changes taking place in some of the most inhospitable regions of the world.

It will carry – for the first time – a dual-frequency radar altimeter and microwave radiometer, that will measure and monitor sea-ice thickness, overlying snow depth and ice-sheet elevations.

## **LSTM: Land Surface Temperature Monitoring**

The upcoming Copernicus Land Surface Temperature Monitoring, LSTM, mission will improve sustainable agricultural productivity in a world of increasing water scarcity and variability.

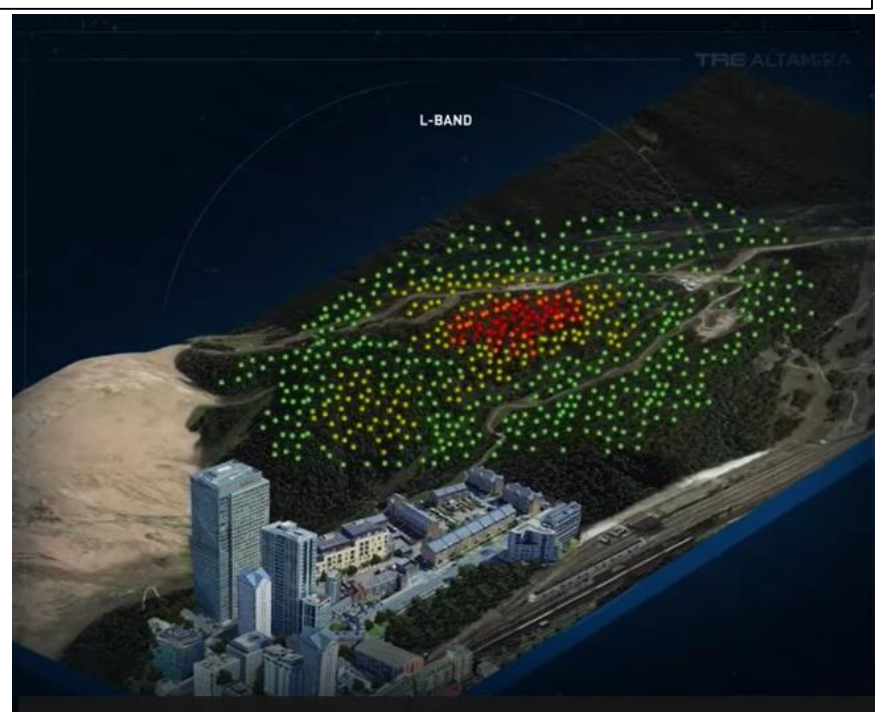
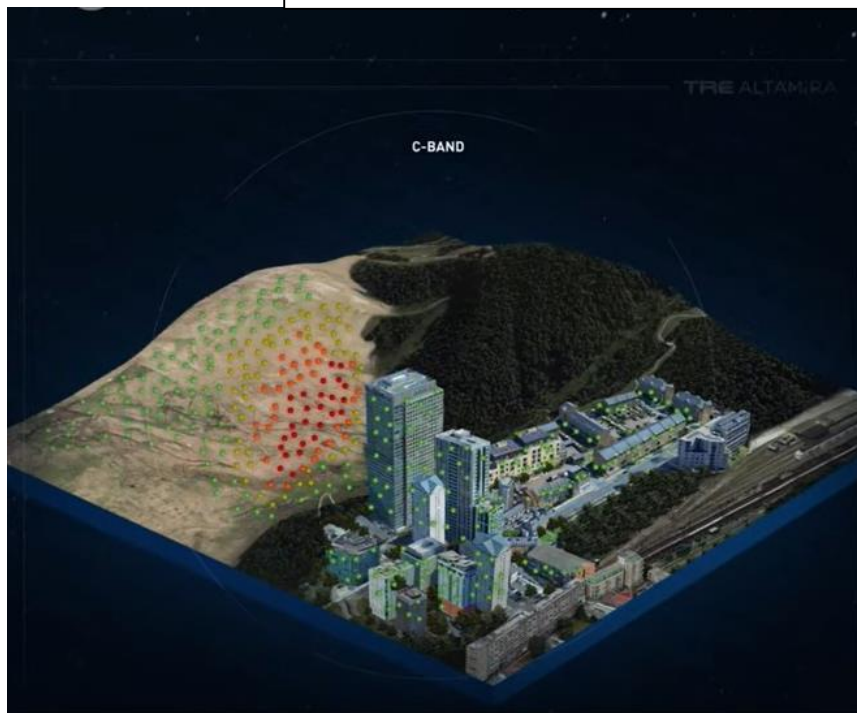
The mission will carry a high spatial-temporal resolution thermal infrared sensor to provide observations of land-surface temperature. These data are key to understand and respond to climate variability, manage water resources for agricultural production, predict droughts and also to address land degradation.



# ROSE-L: Radar Observing System for Europe in L-band

The Copernicus Radar Observation System for Europe in L-band (ROSE-L) will provide continuous day-and-night all-weather monitoring of Earth's land, oceans and ice, and offer frequent observations of Earth's surface at a high spatial resolution.

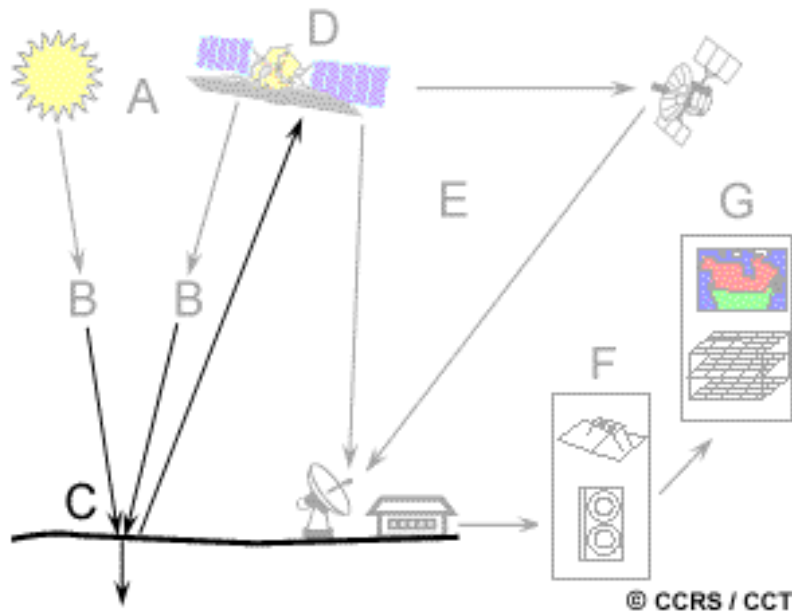
ROSE-L, features a constellation of two satellites, that will operate in a Sun-synchronous orbit at an altitude of 693 km and will carry one instrument: the ROSE-L Synthetic Aperture Radar (SAR), designed to provide high-resolution, all-weather imaging with a spatial resolution of 5–10 m. The radar antenna will be the largest deployable planar antenna ever built measuring an impressive 40 sq m.





# Interacção Radiação - Alvo

2+



A **energia total incidente** irá interagir com a superfície de uma ou mais que uma destas formas.

A radiação que não é absorvida ou dispersa na atmosfera pode chegar e interagir com a superfície da Terra.

Existem três formas de interagir com a superfície:

**Absorção**

**Transmissão**

**Reflexão**

# Interação Radiação - Alvo

2+

## Absorção (A):

ocorre quando a radiação (energia) é absorvida pelo alvo

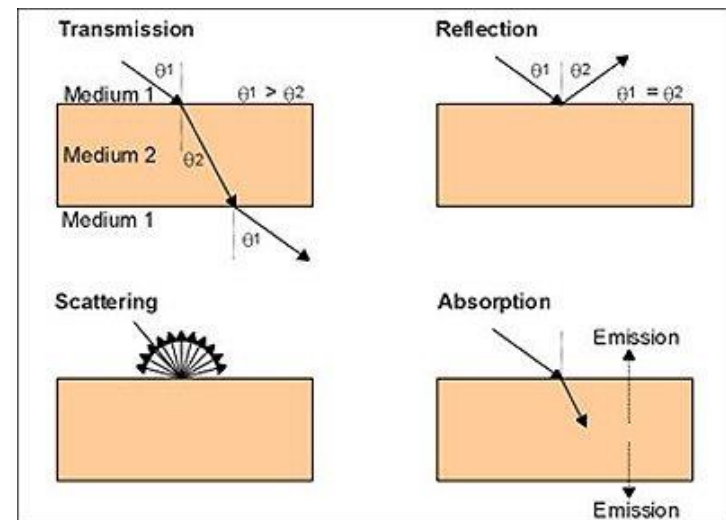
## Transmissão (T):

Ocorre quando a radiação passa pelo alvo.

## Reflexão (R)

Ocorre quando a radiação é reflectida no alvo e é redireccionada.

Em detecção remota  
estamos interessados em  
medir a  
**radiação reflectida**  
nos alvos



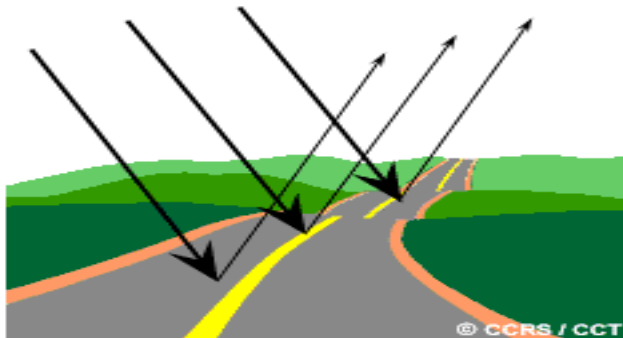
# Interacção Radiação - Alvo

2+

Separamos a Reflexão em dois casos extremos:

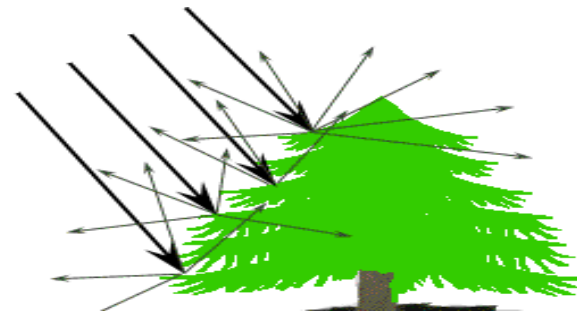
## Especular

Numa superfície suave toda ou quase toda a energia é reflectida numa única direcção



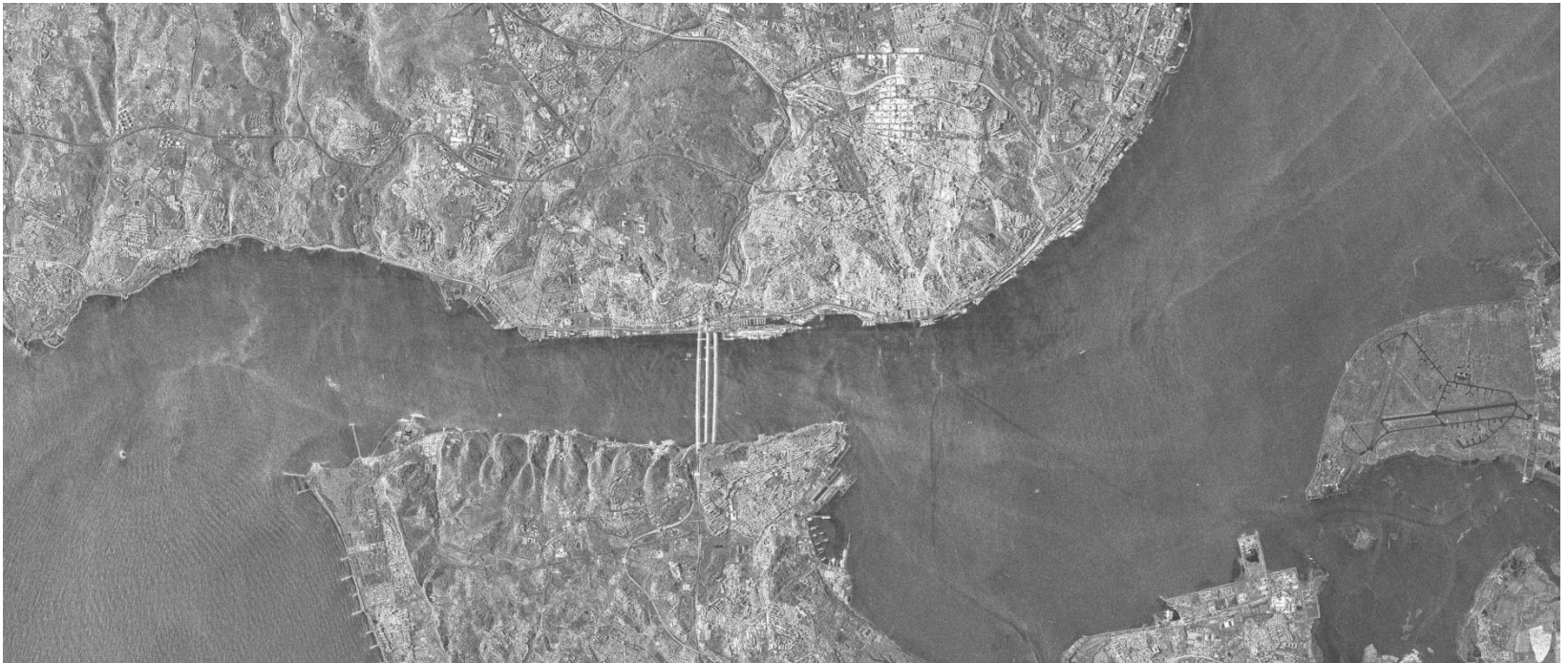
## Difusa

Quando a superfície é rugosa e a energia é reflectida uniformemente em todas as direcções



Se o comprimento de onda é muito mais pequeno que as variações da superfície ou o tamanho das partículas, dominará a reflexão difusa.

# Interacção Radiação - Alvo





# Interacção Radiação - Alvo

Difusa



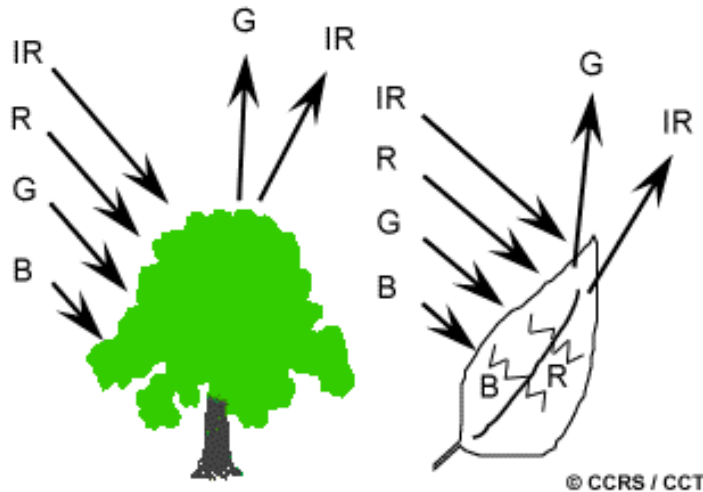
Especular





# Interação Radiação – Alvo

## Exemplo: As folhas



A clorofila presente nas folhas absorve radiação no vermelho e no azul mas reflecte os comprimentos de onda verdes.

Na primavera e verão, quando o conteúdo de clorofila é máximo as folhas são verdes.

No Outono há menos clorofila, e por isso menos absorção do vermelho (vermelho é refletido) e por isso as folhas surgem amarelas (combinação verde+vermelho)

A estrutura interna das folhas têm uma reflexão difusa nos comprimentos de onda do IV. Por isso monitorizando a reflectância no IV é um indicador da saúde da vegetação



Ciências  
ULisboa

# Sentinel-2: composição 4-3-2

22 out 2017

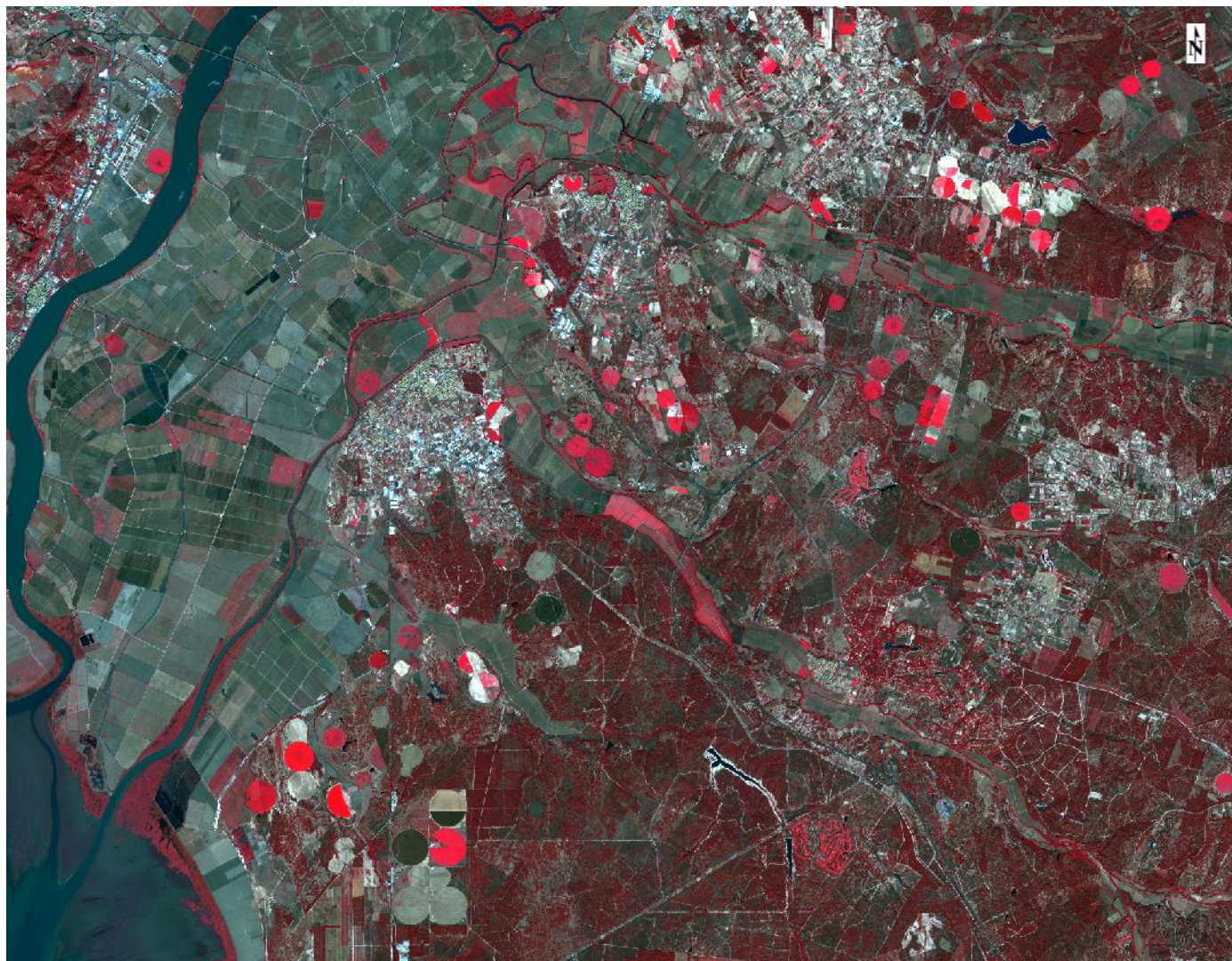






# Sentinel-2: composição 8-4-3

22 out 2017







Ciências  
ULisboa

# Sentinel-2: composição 8-4-3

Companhia das Lezírias







Ciências  
ULisboa

# Sentinel-2: composição 8-4-3







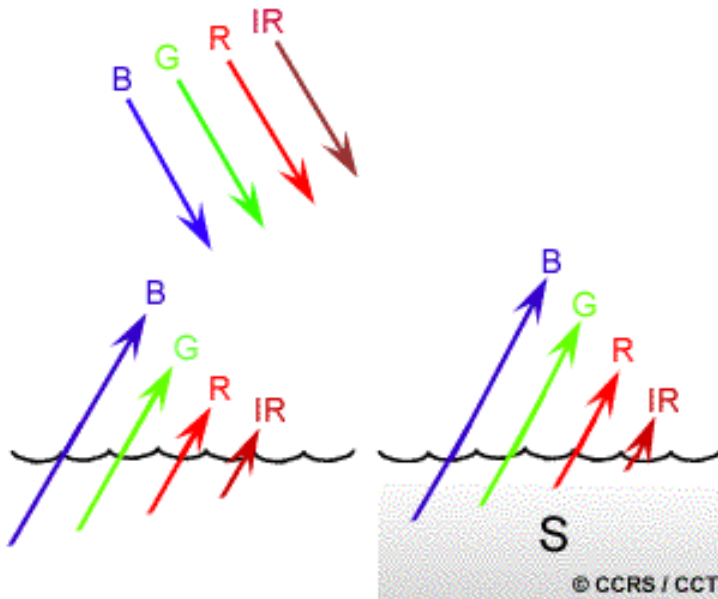
Ciências  
ULisboa

# Sentinel-2: composição 4-3-2



# Interacção Radiação – Alvo

## Exemplo: água



A água absorve mais os grandes comprimentos de onda do visível (vermelho) e IV que os pequenos comprimentos de onda.

Por isso a água aparece azul aos nossos olhos e escura se vista nos maiores comprimentos de onda.

Se existirem sedimentos (S) em suspensão nas camadas superiores permitirá uma maior reflectividade e um aspecto mais brilhante da água.

A clorofila nas algas absorve mais o azul e reflecte o verde fazendo parecer a água verde na presença de algas.

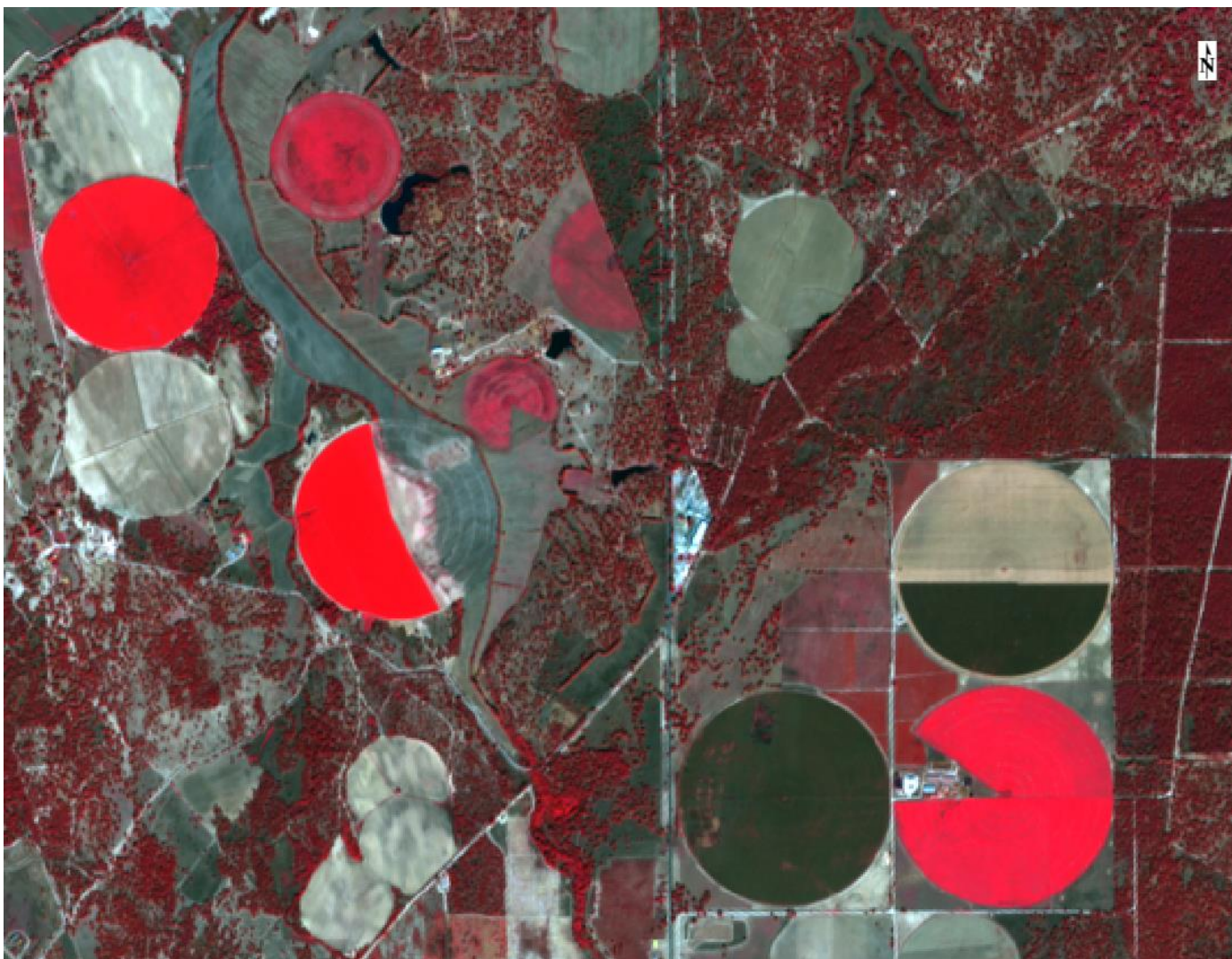




Ciências  
ULisboa

# Sentinel-2: composição 8-4-3

Reflectância da água no infravermelho



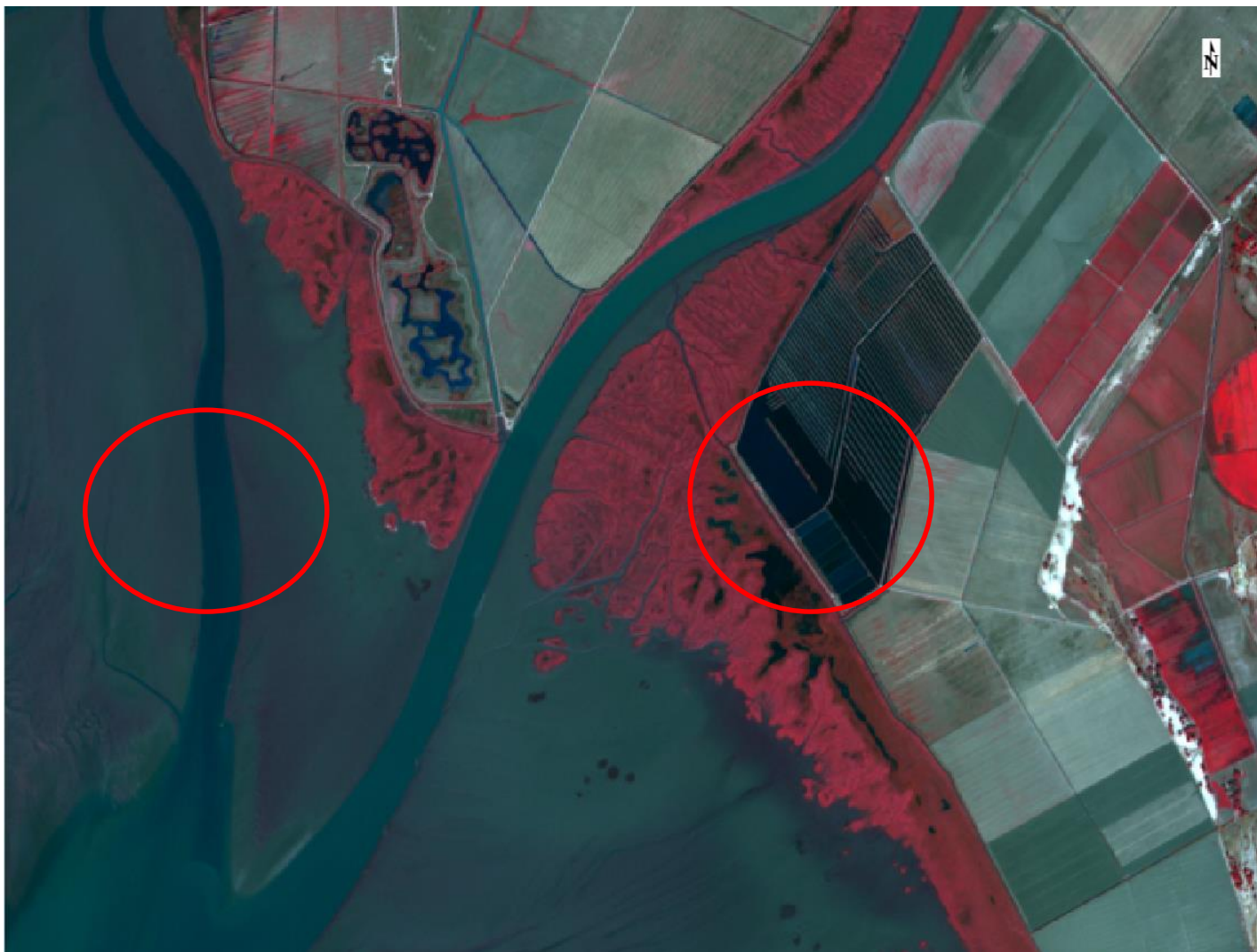
22 out 2017



Ciências  
ULisboa

# Sentinel-2: composição 8-4-3

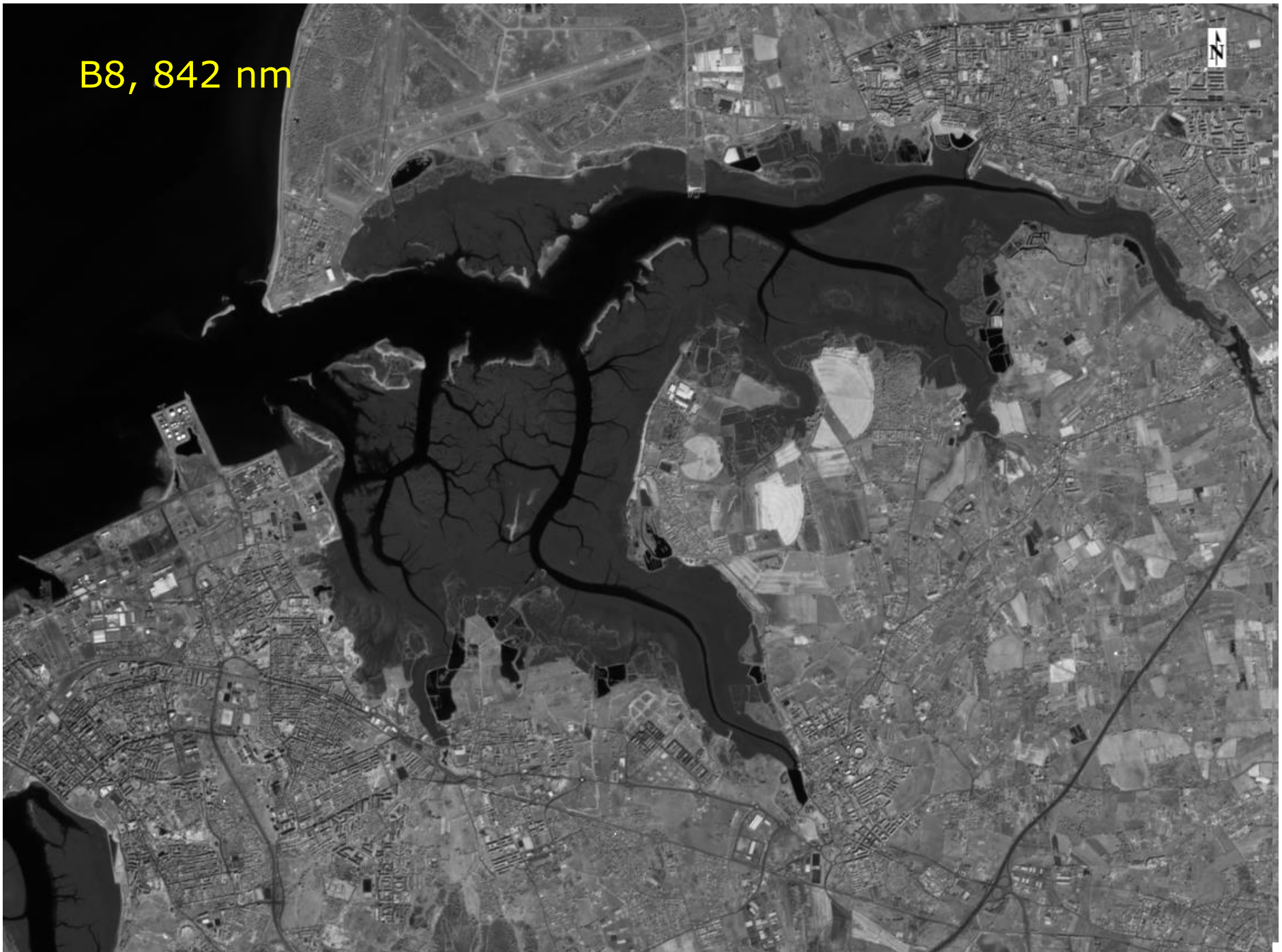
Reflectância da água no infravermelho



22 out 2017



B8, 842 nm

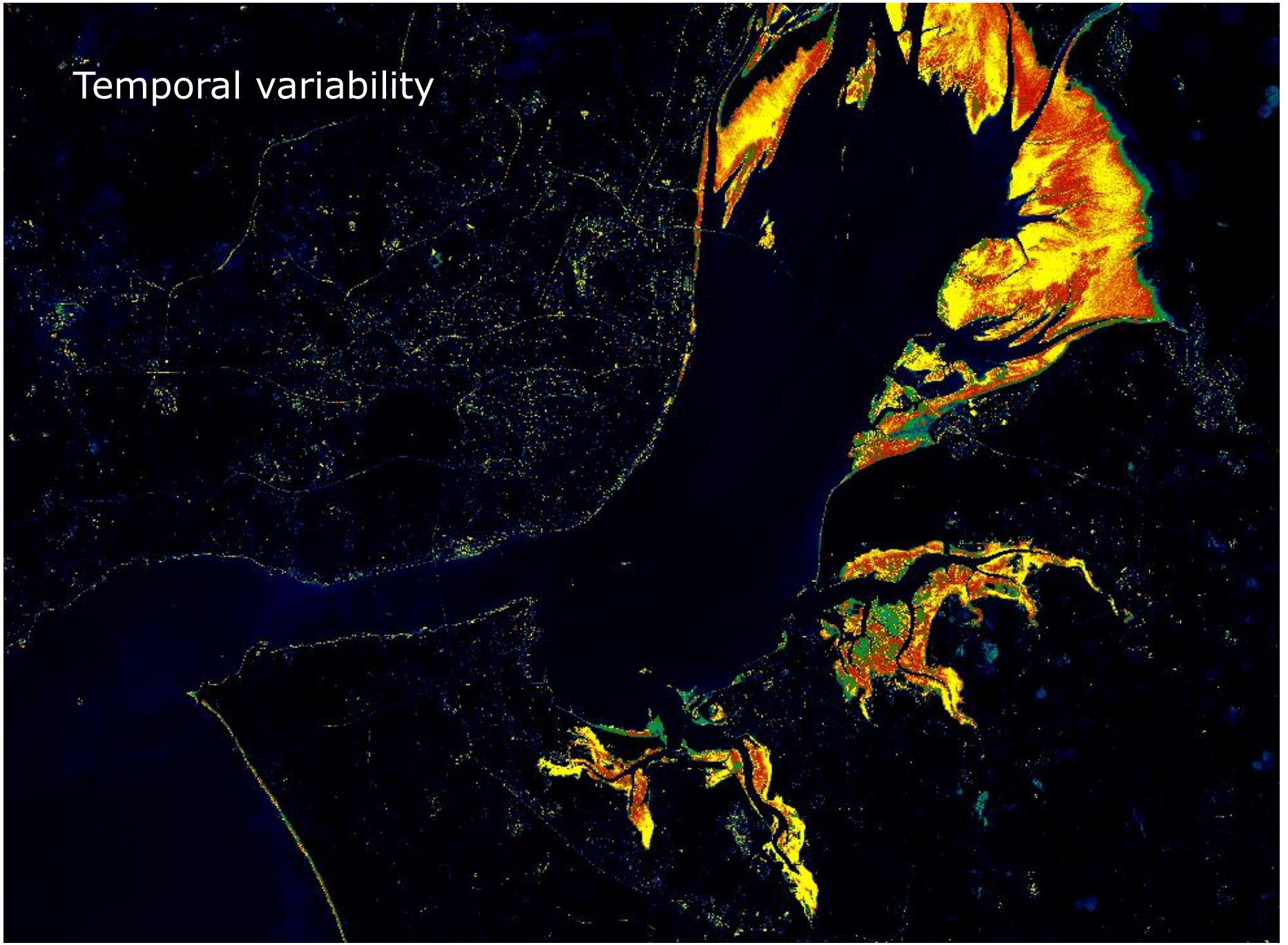




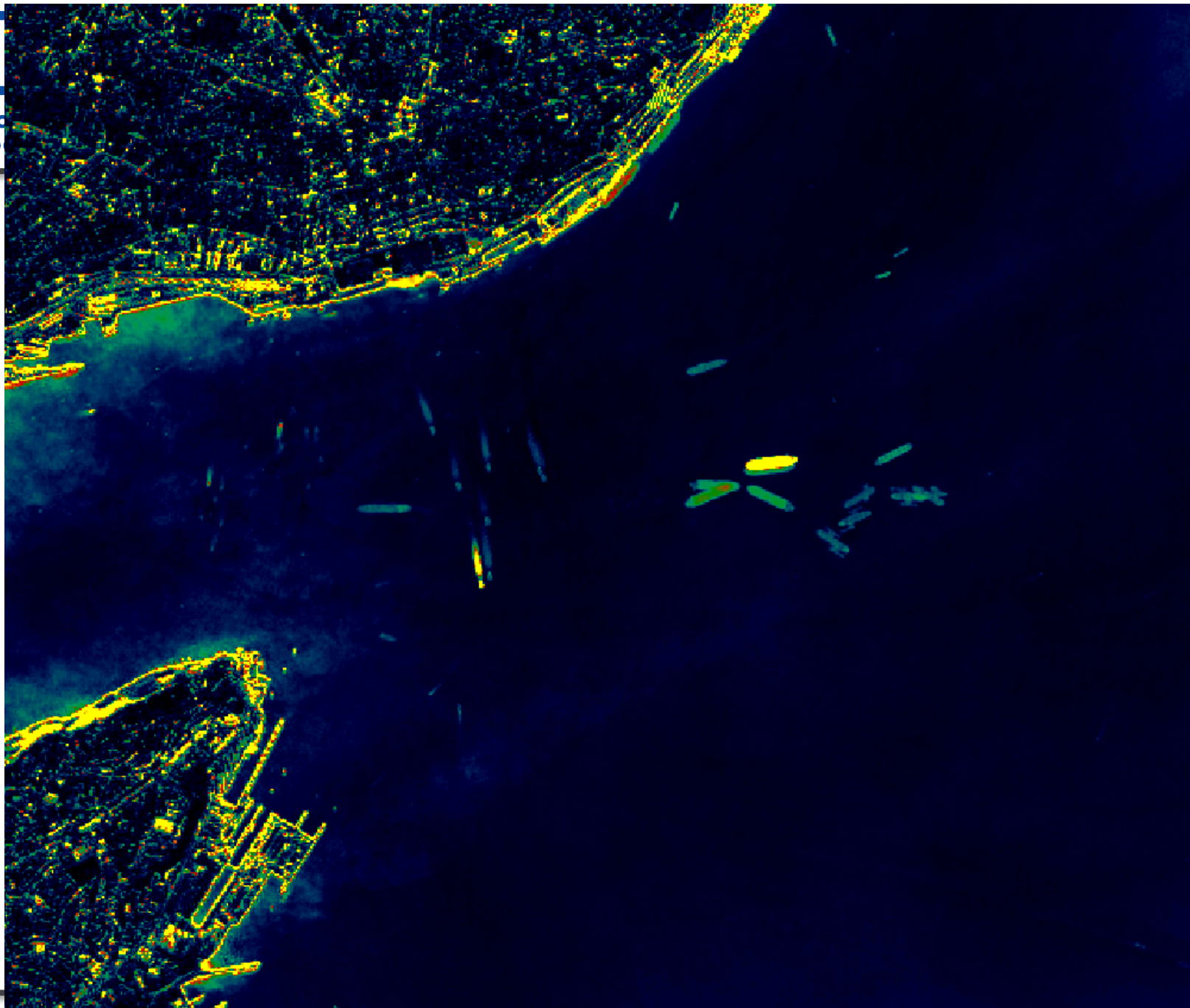
B11, 1610 nm



Temporal variability

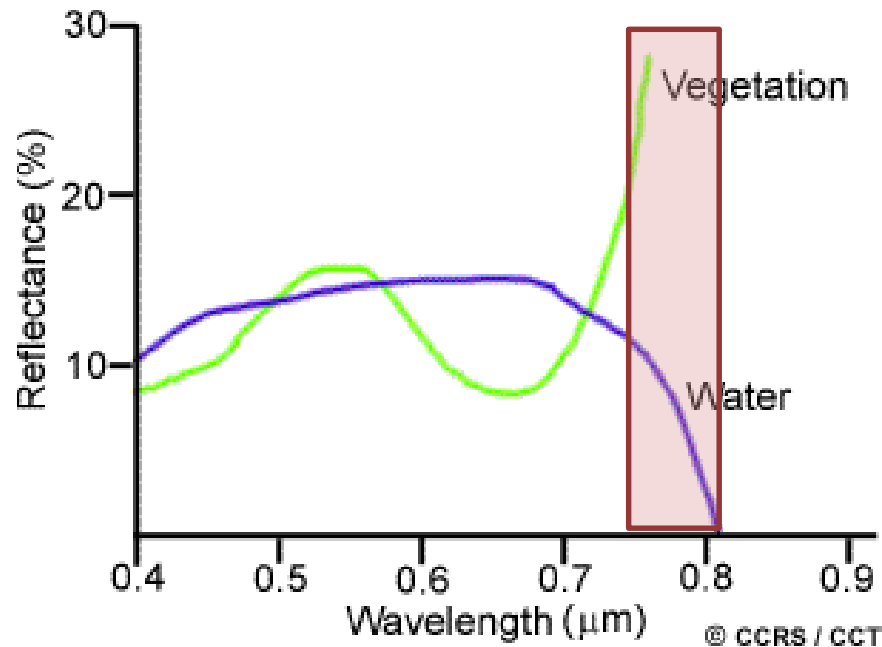






# Interacção Radiação - Alvo

1+



Medindo a energia que é reflectida (ou emitida) pelos alvos em vários comprimentos de onda pode construir-se **a resposta espectral** para cada objecto.

Comparando o padrão de resposta de diferentes entidades podemos distingui-las, mesmo que o conseguíssemos fazer analisando apenas um comprimento de onda.

# Assinatura Espectral

---

A resolução espectral dos sensores a bordo dos satélites é demasiado pequena para identificar muitos dos objectos pela sua forma ou detalhe espacial.

Em alguns casos é possível identificar estes objectos por medições espectrais no terreno.



Existe um grande interesse na medição das **assinaturas espectrais** dos materiais como vegetação, solo, rocha no intervalo espectral.

A deteção remota multi-espectral baseia-se na possibilidade de distinguir os diferentes elementos da superfície com base na sua assinatura espectral



# Assinatura Espectral

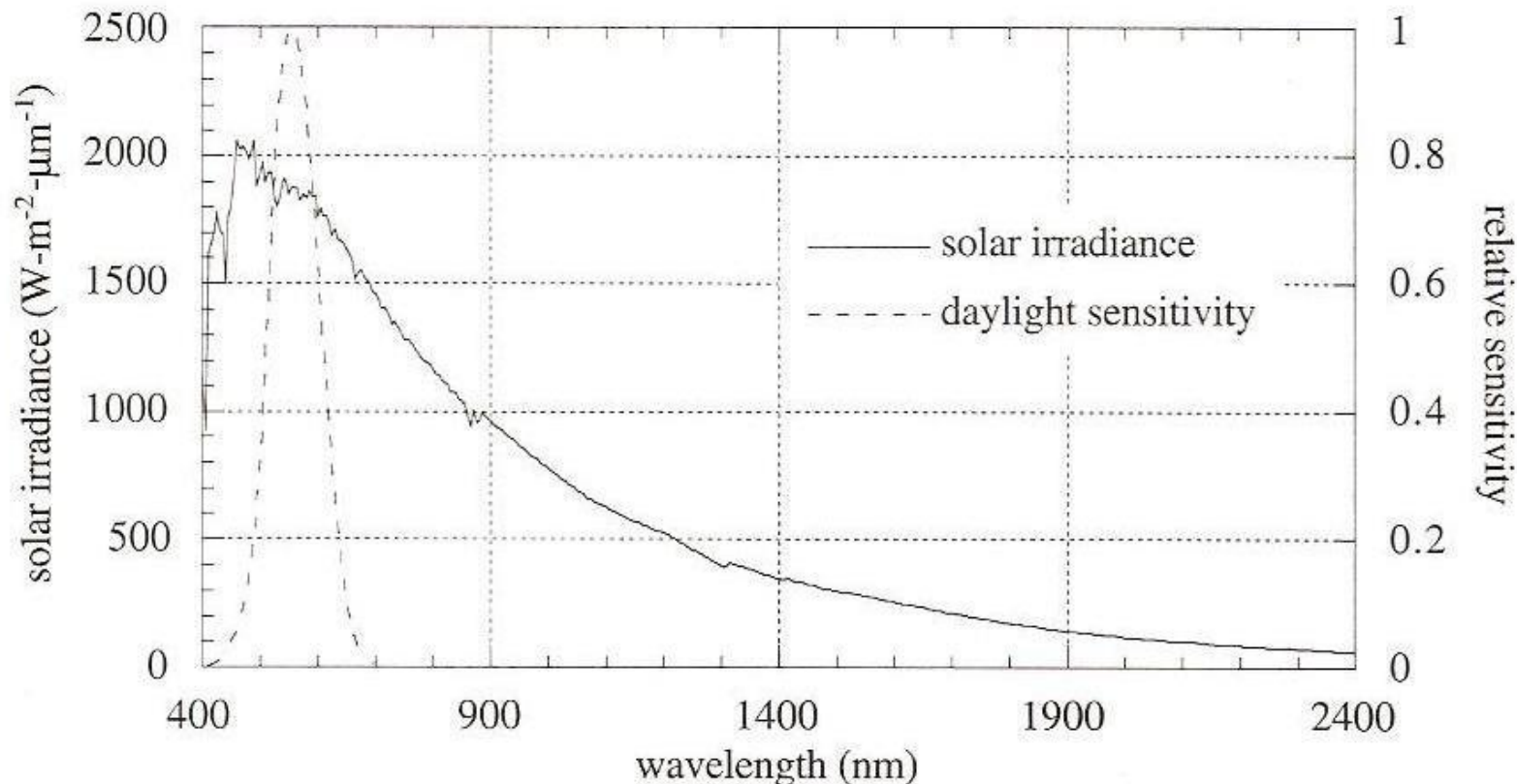
---

Contudo a assinatura espectral registada no satélite é alterada por diversos factores, como:

1. Variabilidade natural para um determinado tipo de material.
2. Resolução geométrica e radiância dos sistemas
3. Modificação das assinaturas pela atmosfera

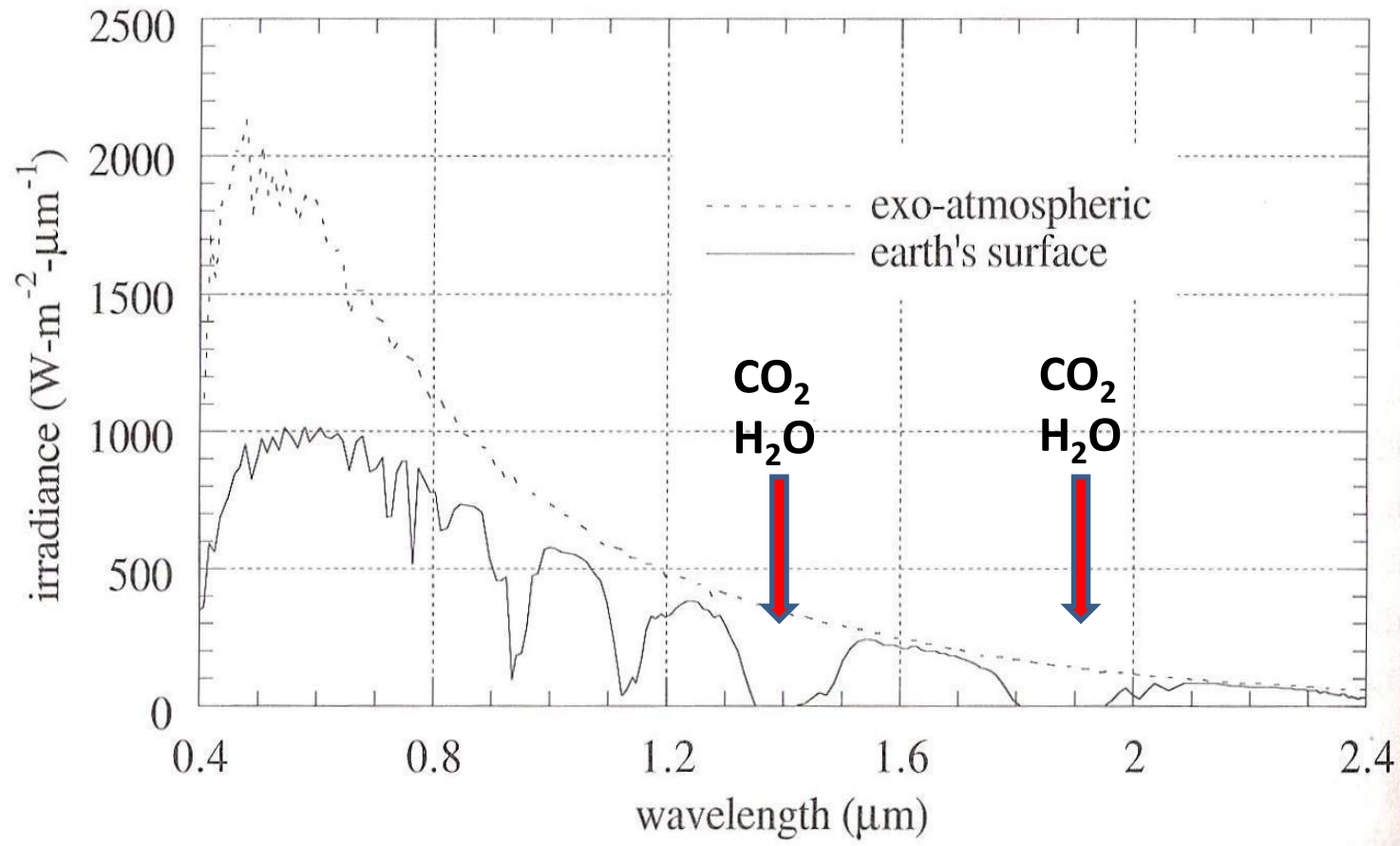
Não existe garantia que os materiais exibam assimetrias mensuráveis no ambiente natural.

# Irradiância espectral solar no topo da atmosfera

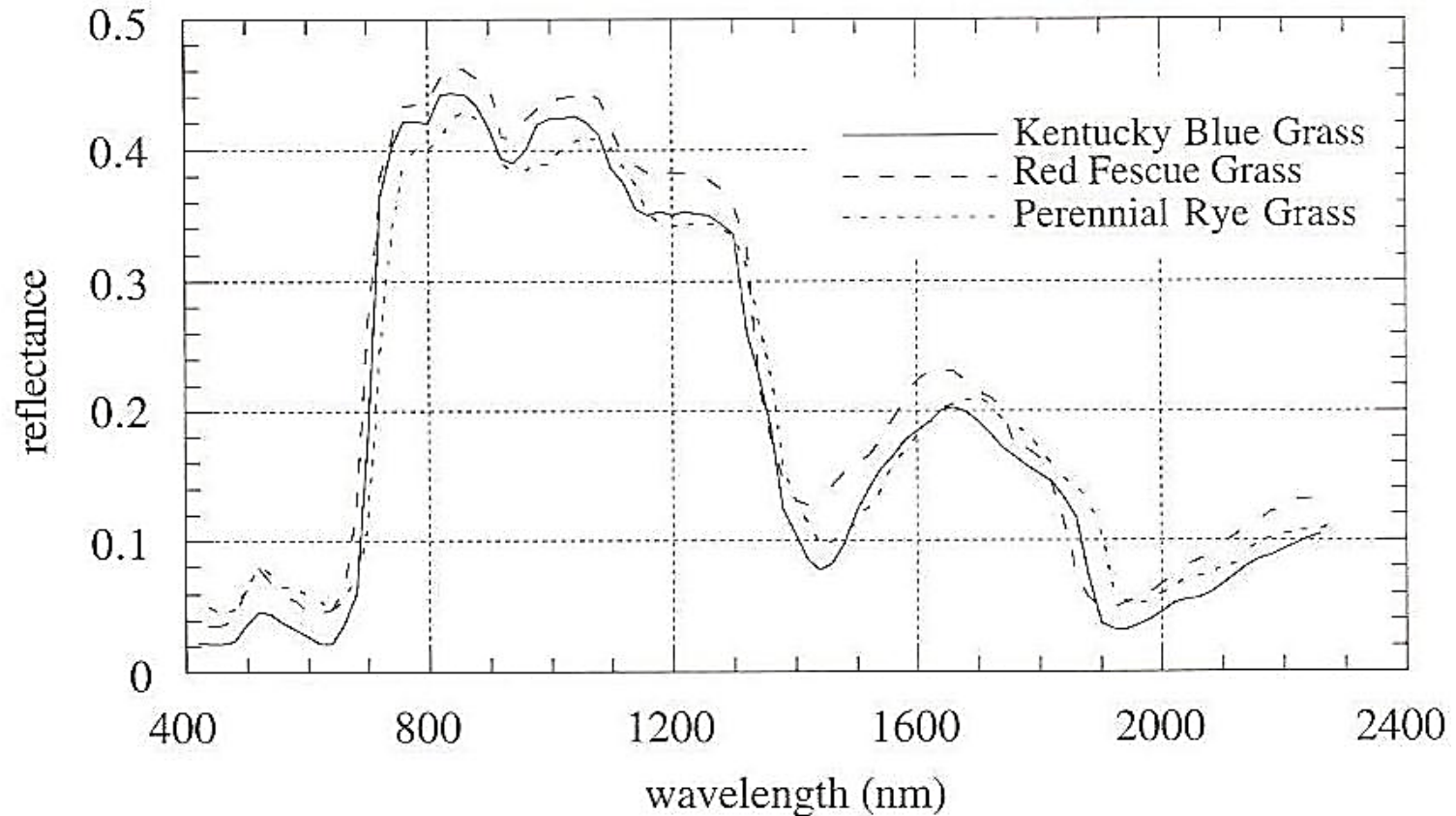


Irradiância espectral solar e a resposta do olho humano

# Irradiância espectral solar na superfície da Terra



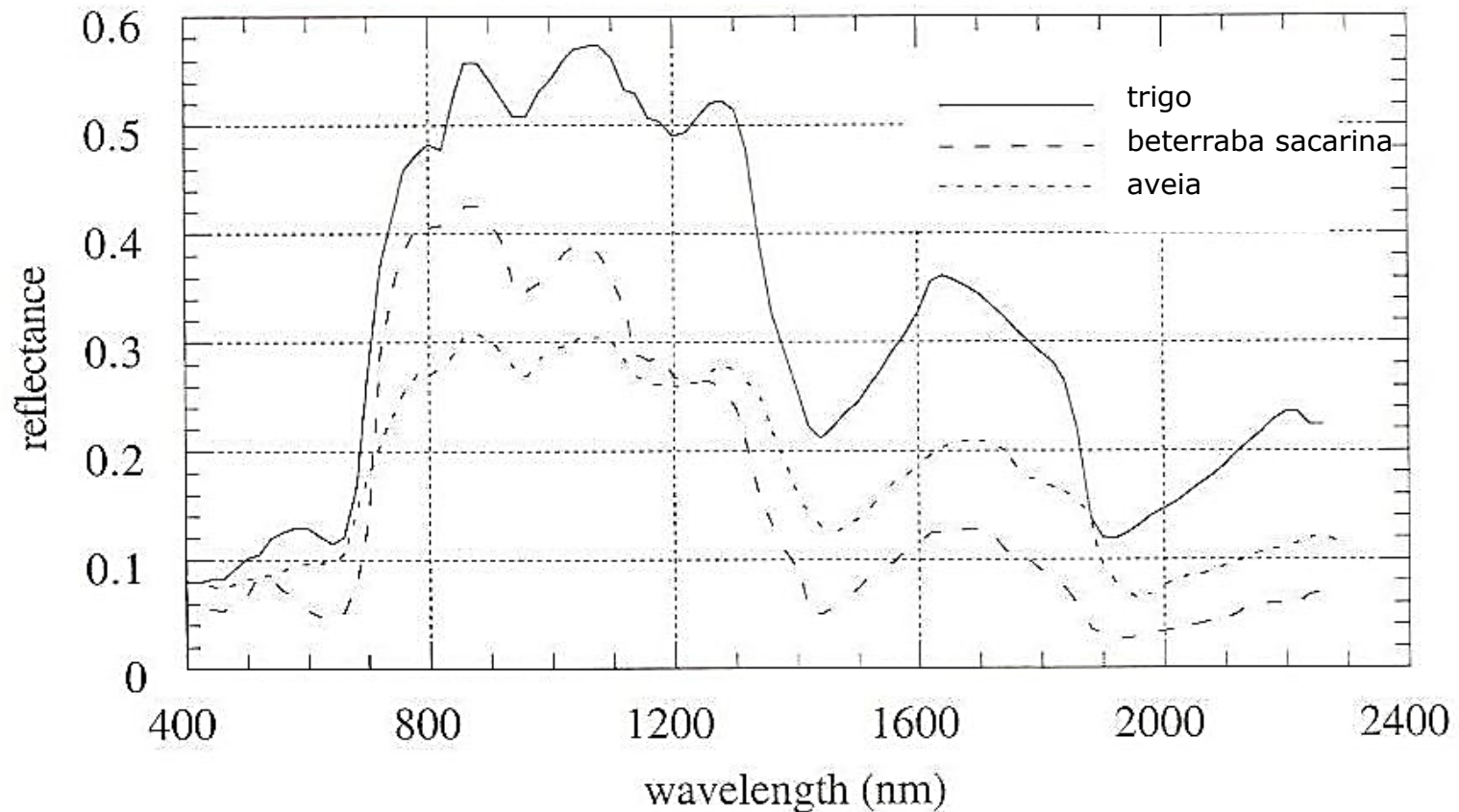
# Assinatura Espectral



Exemplo de curvas de reflectância espectral

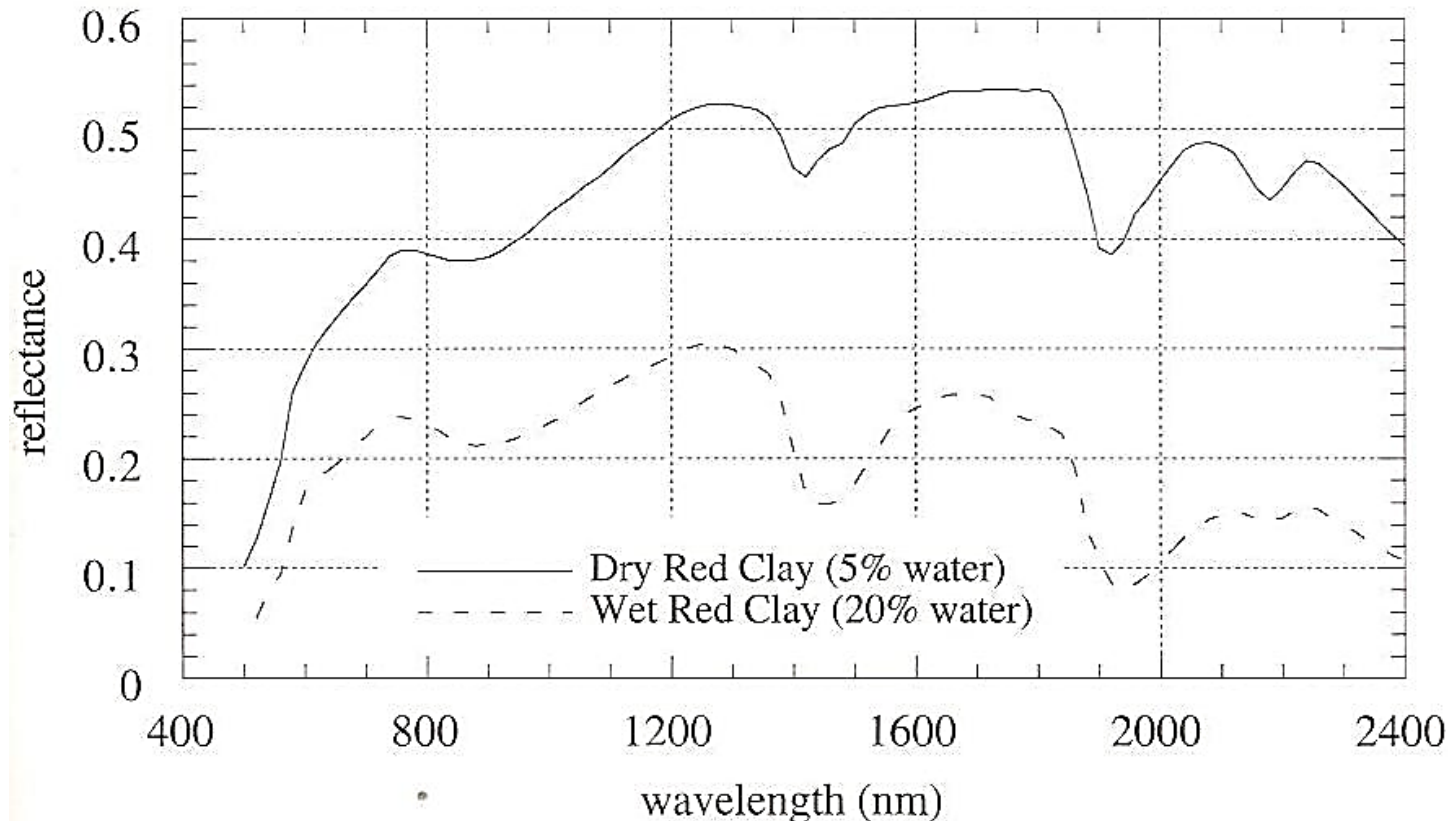


# Assinatura Espectral Vegetação



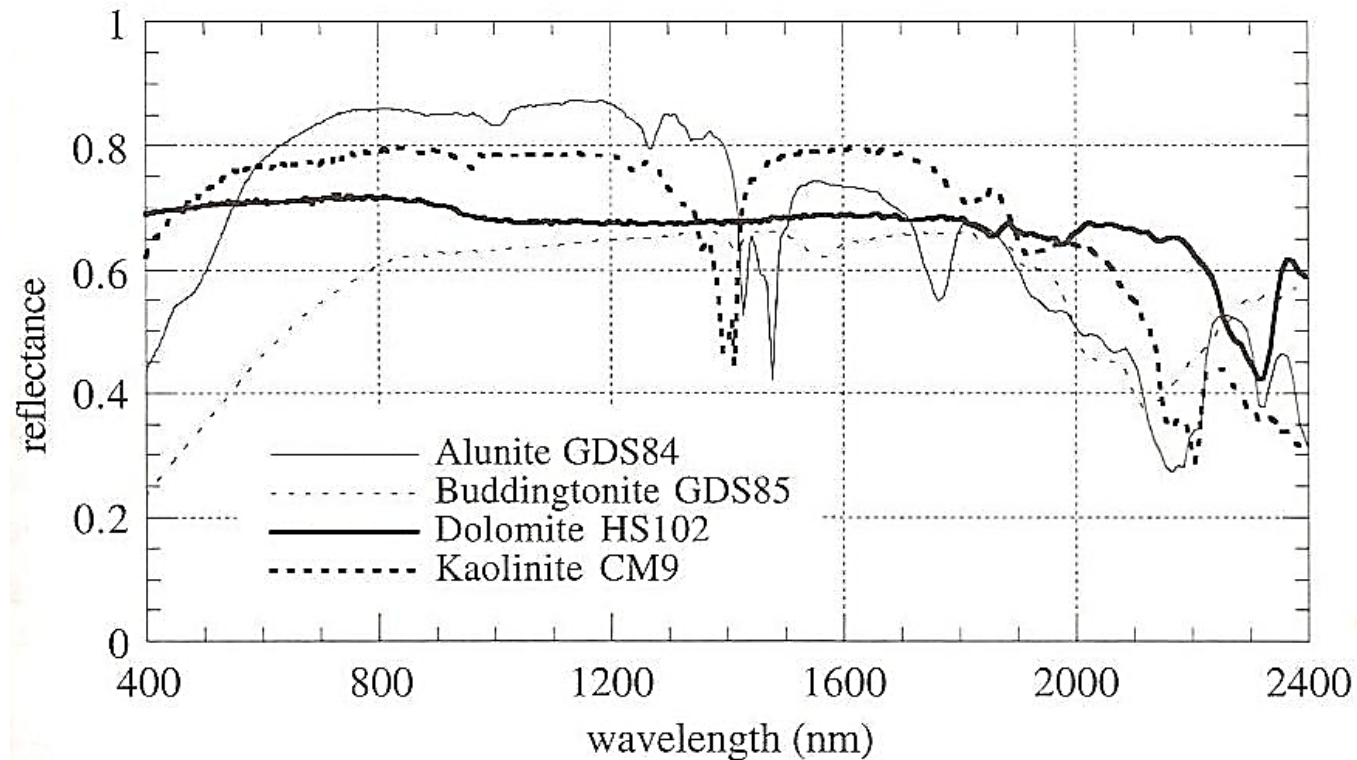
Exemplo de curvas de reflectância espectral

# Assinatura Espectral Solo



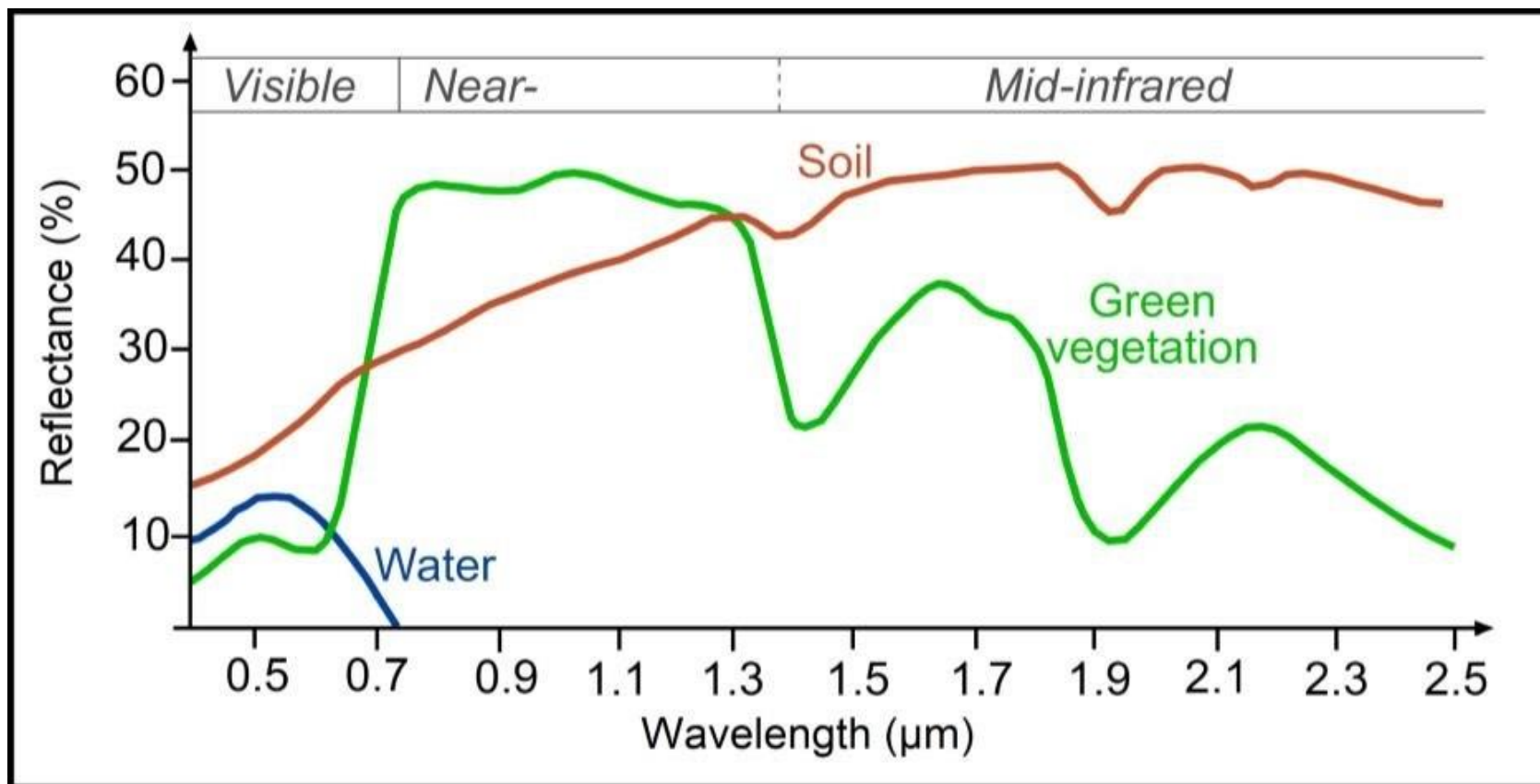
Exemplo de curvas de reflectância espectral (Clay = argila)

# Assinatura Espectral Minerais



Exemplo de curvas de reflectância espectral

# Assinatura Espetral



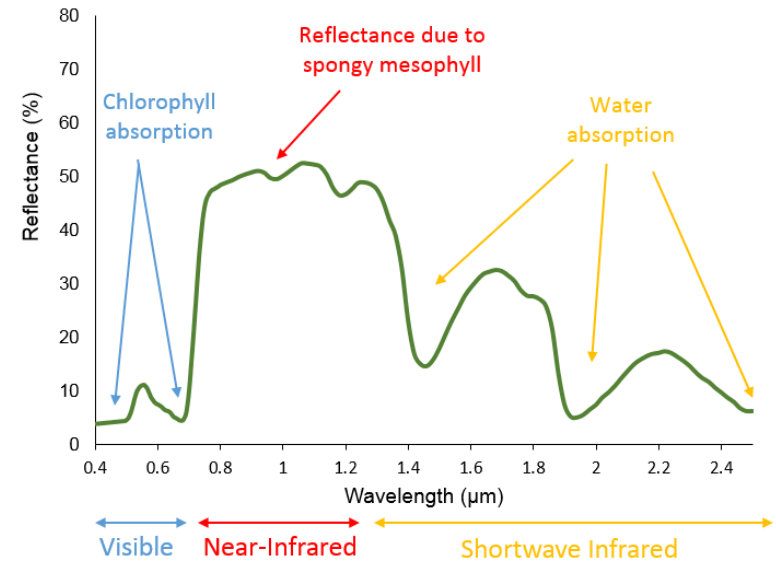
Síntese das assinaturas espectrais dos elementos mais representativos da ocupação do solo



# Vegetation Index

## Índice razão.

$$I_1 = \frac{B\text{Land}_{red}}{B\text{Land}_{NIR}} = \frac{\text{vermelho}}{\text{infravermelho próximo}}$$



## Índice de vegetação normalizado NDVI

Normalized Difference Vegetation Index

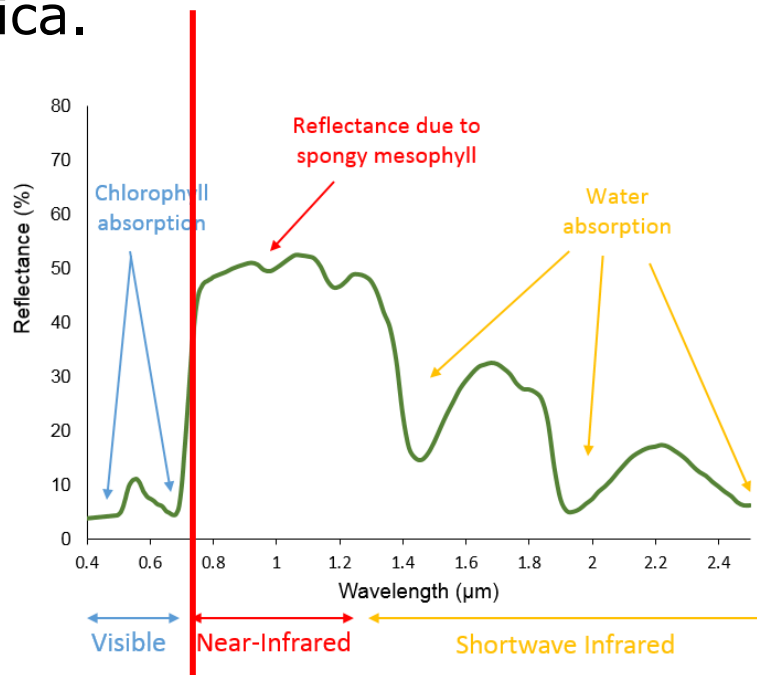
$$NDVI = \frac{InfraRED - red}{InfraRed + Red}$$

Sempre entre -1 e +1. Valores típicos para a vegetação são superiores a 0.3.

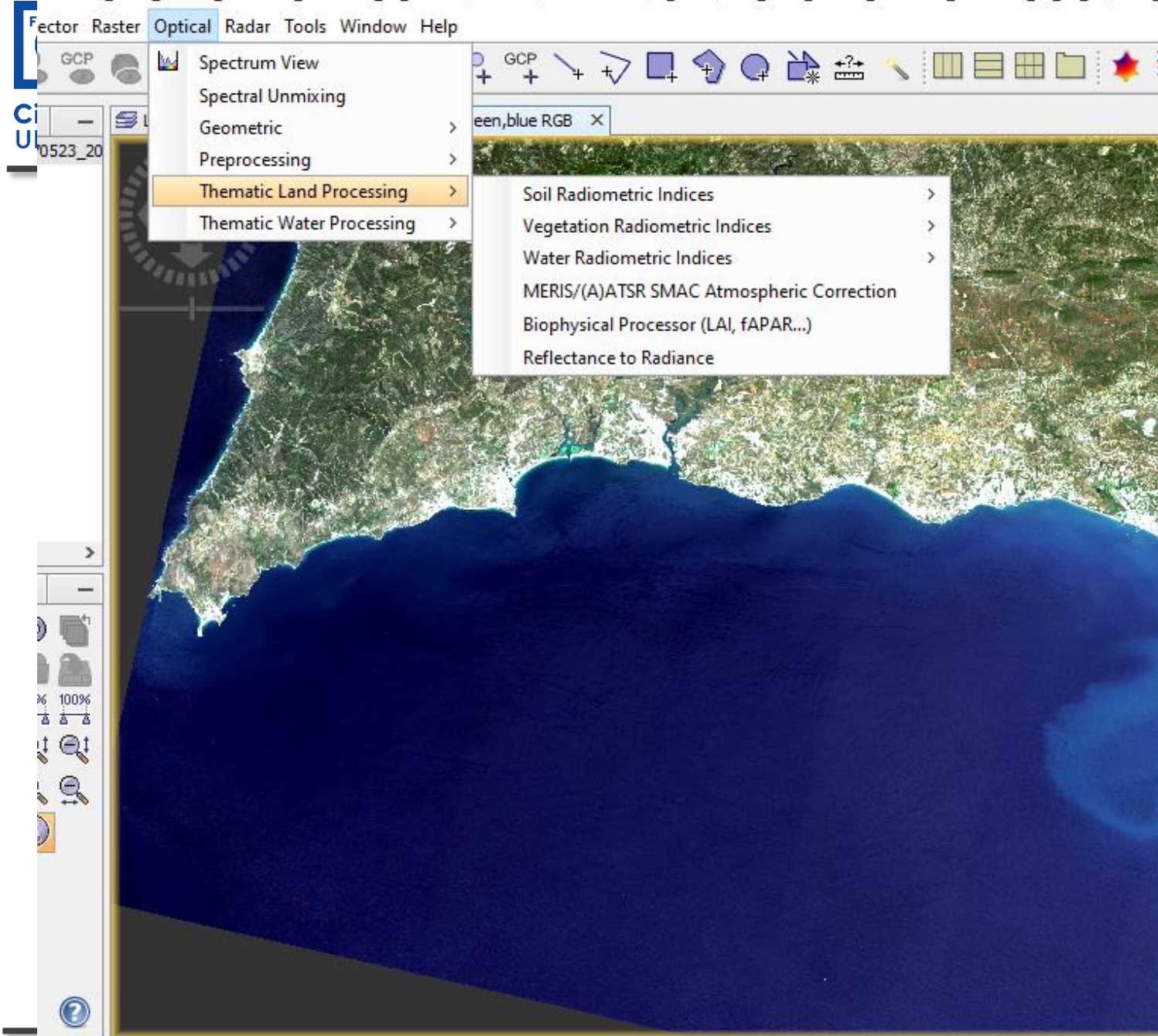
Valores superiores a 0.5 indicam a presença de vegetação no pleno do seu estado vegetativo.

# Vegetation Index

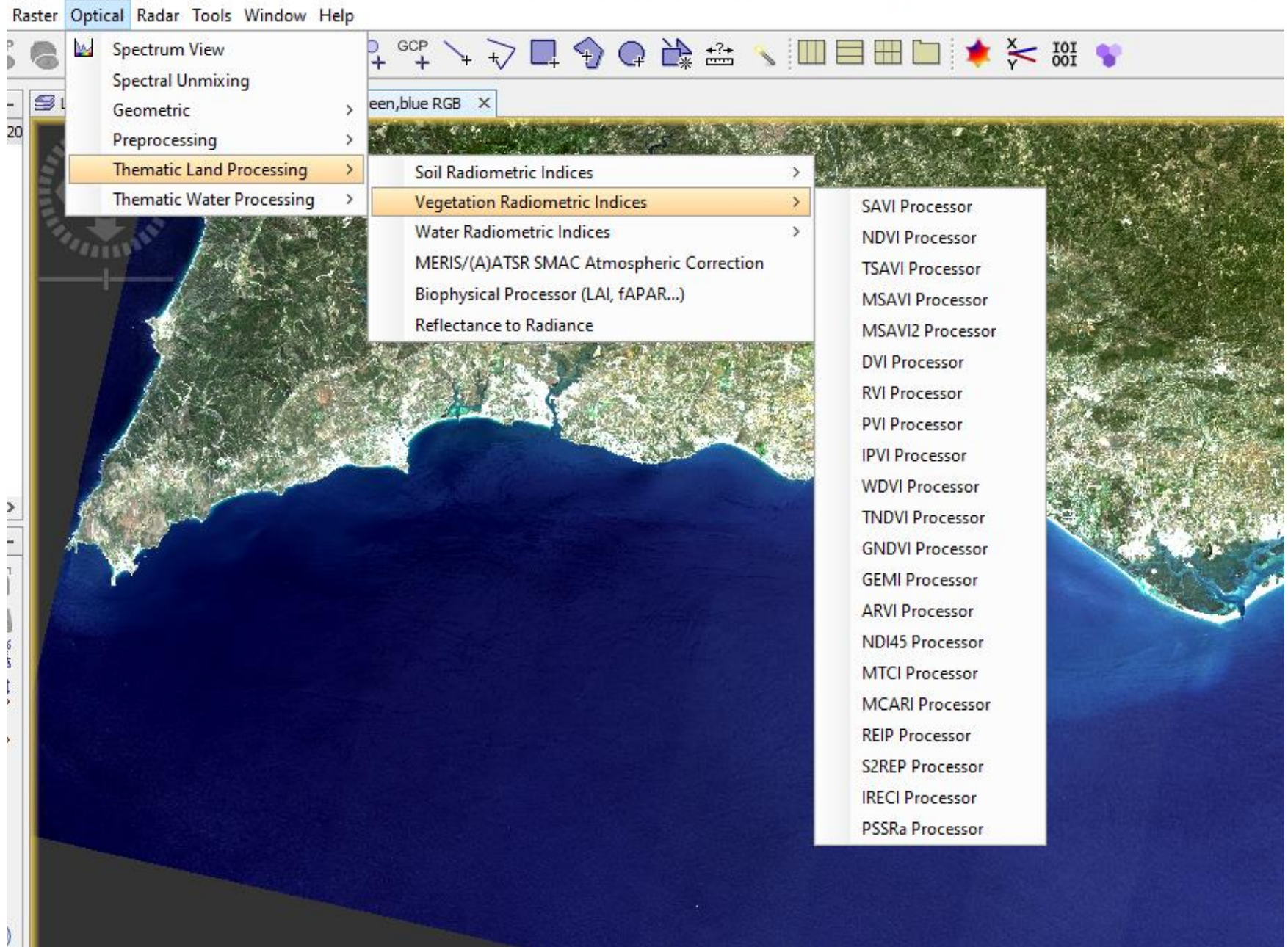
Os índices de vegetação, baseiam-se no facto que a vegetação “verde” interagir de forma característica com a radiação eletromagnética.



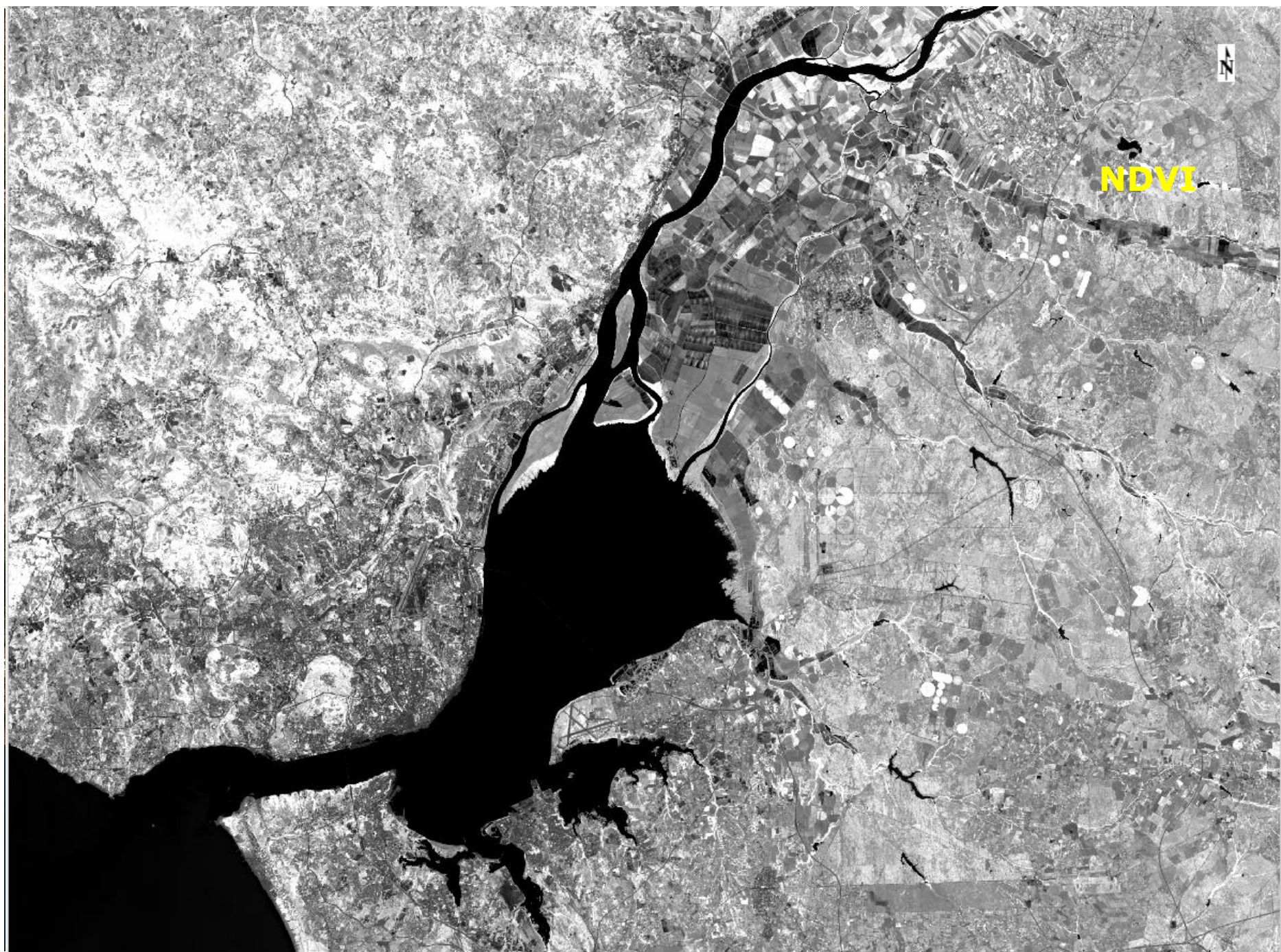
Os índices de vegetação relacionam a refletância na zona do infravermelho e na zona do visível.











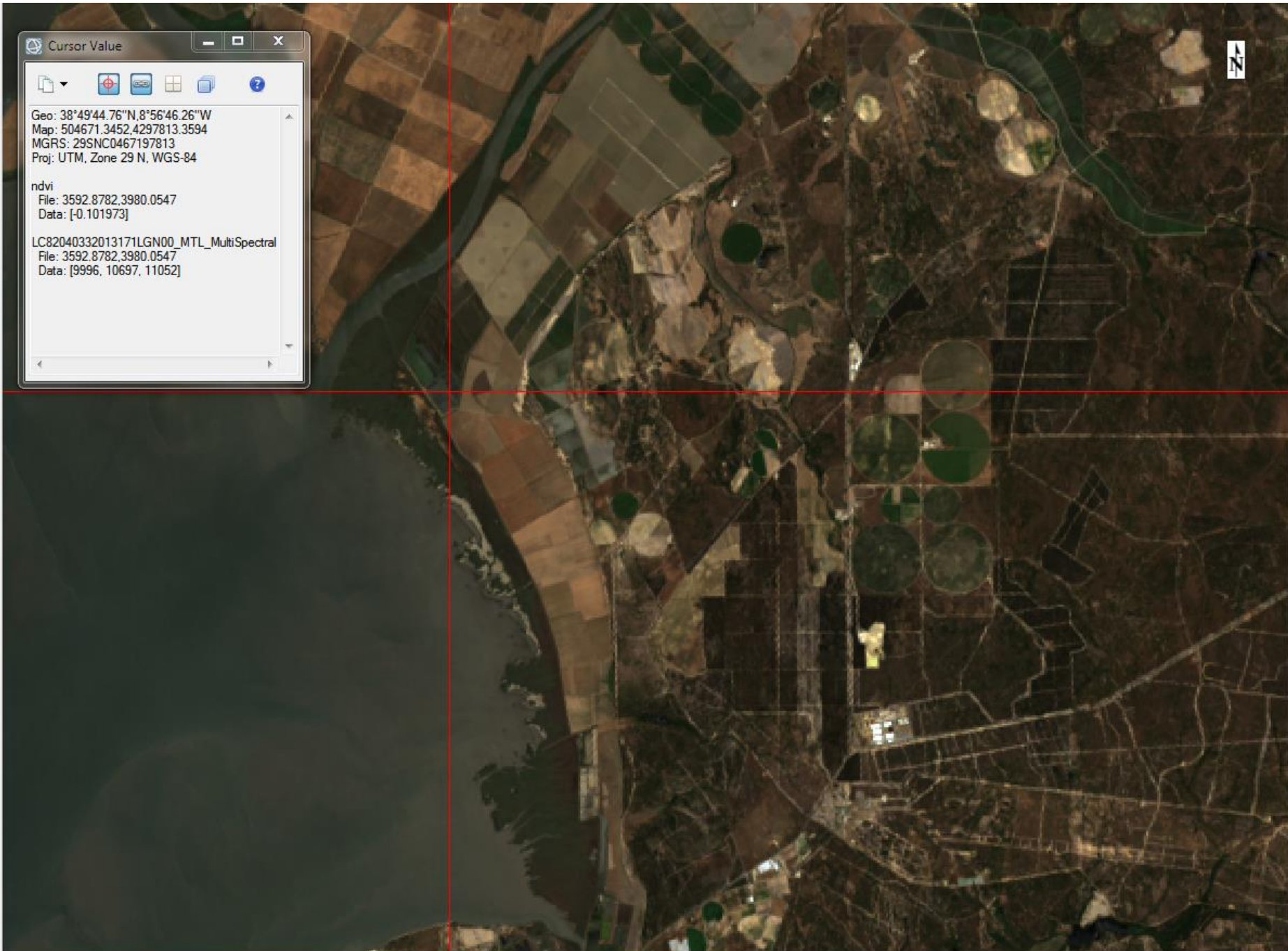


Cursor Value

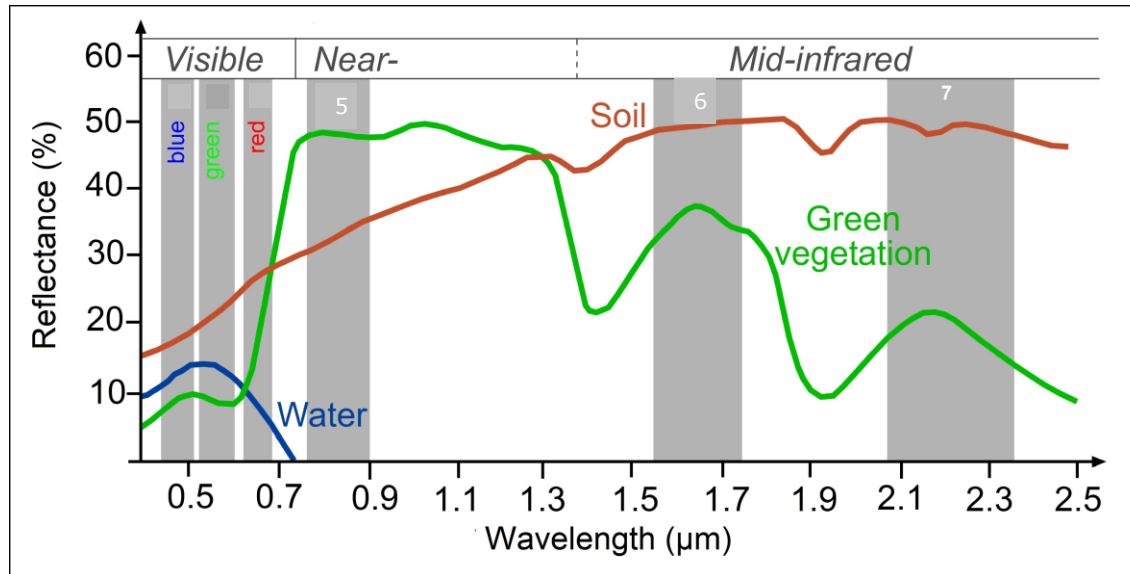
Geo: 38°49'44.76"N, 8°56'46.26"W  
Map: 504671.3452, 4297813.3594  
MGRS: 29SNC0467197813  
Proj: UTM, Zone 29 N, WGS-84

ndvi  
File: 3592.8782,3980.0547  
Data: [-0.101973]

LC82040332013171LGN00\_MTL\_MultiSpectral  
File: 3592.8782,3980.0547  
Data: [9996, 10697, 11052]



# Índice da Água



$$NDWI = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}$$

(conteúdo de água na vegetação)

$$NDWI2 = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Elemento Água

(Normalized Difference Water Index)



Sentinel-2, T29SNC, 3/8/2019

NDWI2

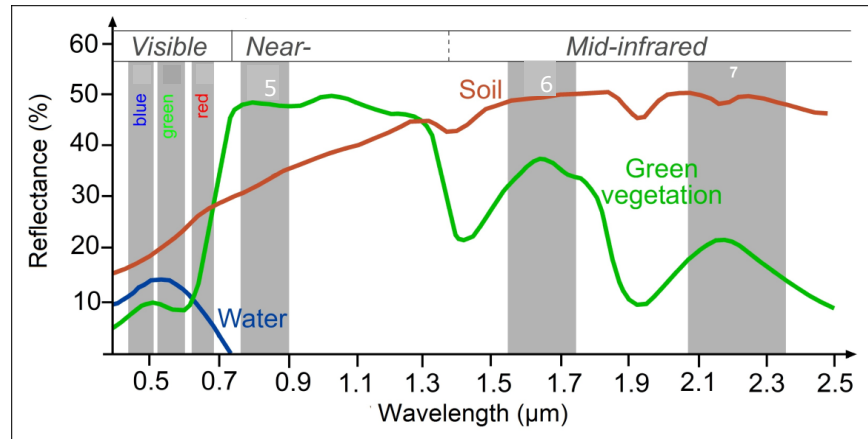




Sentinel-2, T29SNC, 3/8/2019

NDWI

# Índice de área ardida



Índices	Designação	Referência
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	Rouse et al., 1974
GEMI	Global Environmental Monitoring Index	Pinty & Verstraete, 1992
BAI	Burned Area Index	Martín et al., 1998
BAIMS		Martín et al., 2005
BAIML		
NBRS	Normalized Burn Ratio	Key & Benson, 1999
NBRL		
MIRBI	Mid Infrared Burned Index	Trigg & Flasse, 2001

$$BAI = \frac{1}{(\rho_{NIR} - 0.06)^2 + (\rho_{Red} - 0.1)^2}$$

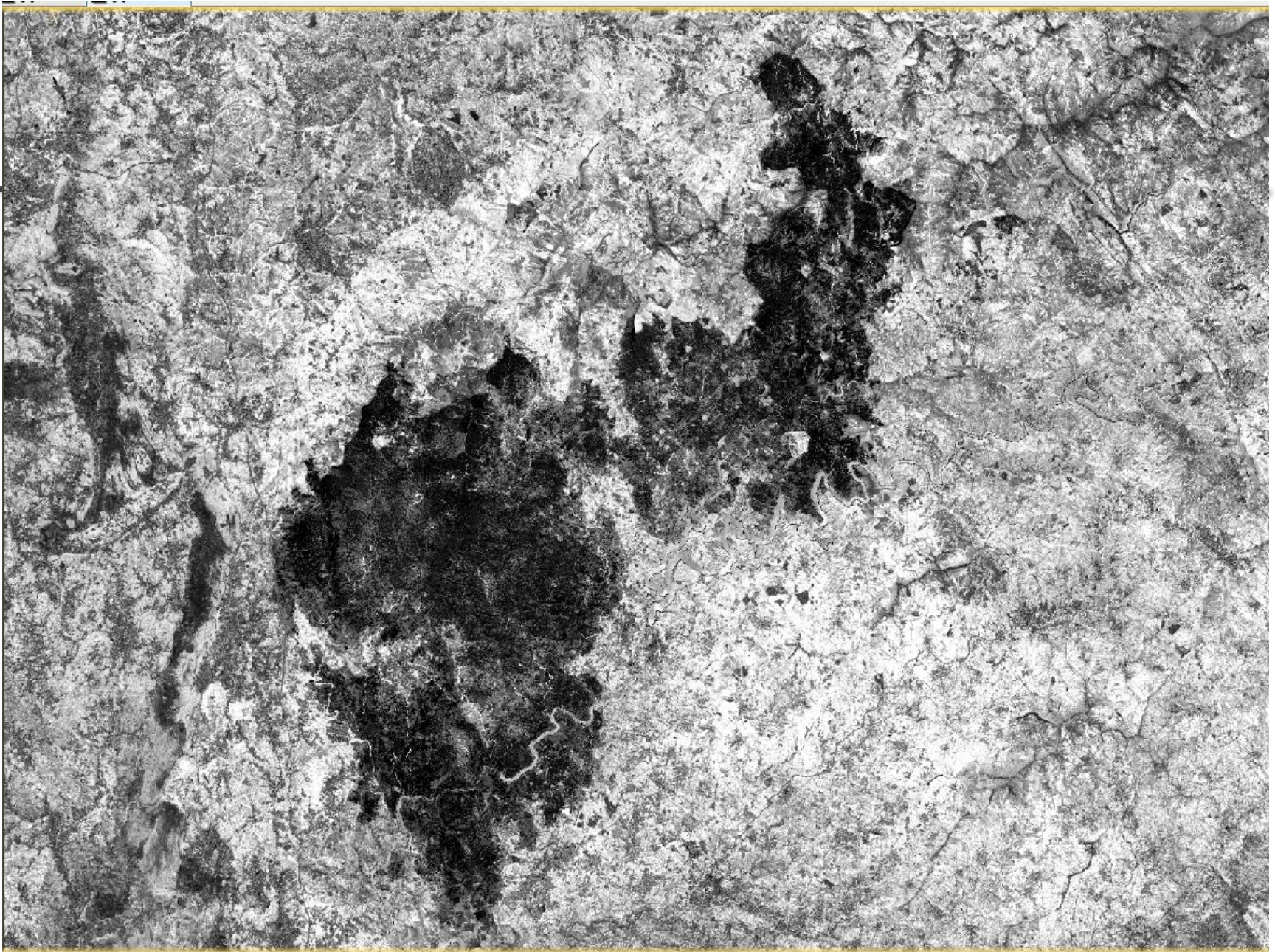
$$NBRS = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$



Sentinel-2, T29TNE, 4/7/2017

Burned Area Index (Post\_BAI > 188.88)





Sentinel-2, T29TNE, 4/7/2017

Normalized Burn ratio, Post\_NBRS < -0.17079



## Segmentação de Imagem

(Divisão da imagem em regiões ou objectos, segundo um critério)

NDWI2: Água / não Água

NDVI: Vegetação / não Vegetação

NDVI: Culturas temporárias/ Culturas  
Permanentes.

NDVI: Vitalidade da vegetação

---

# Sensores Ópticos

Cada píxel representa uma média em cada uma das três dimensões:

Espaço

Comprimento de onda

Tempo

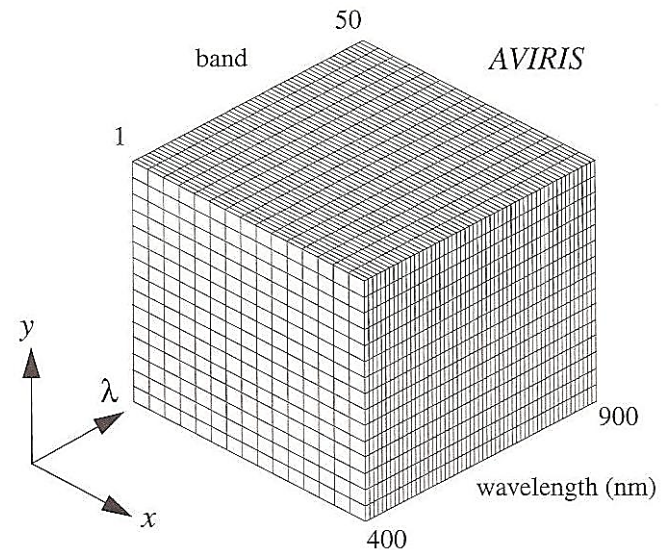
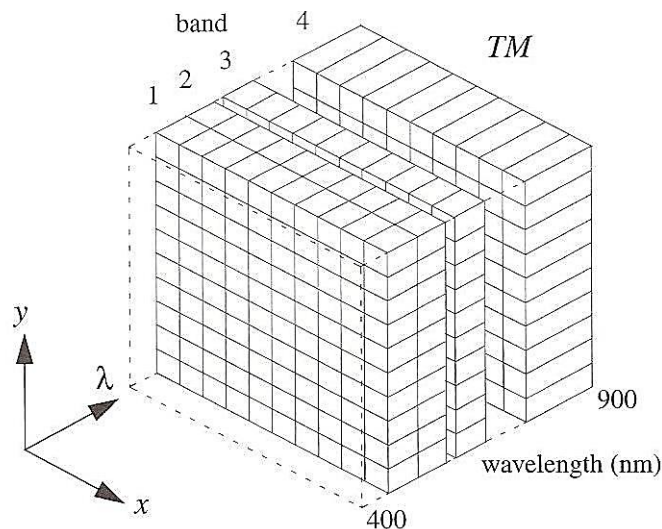
A média no tempo é geralmente muito pequena (na ordem dos micro segundos para sensores whiskbroom como TM e milissegundos para sensores pushbroom como o SPOT) e é inconsequente na maioria das aplicações.

A média no espaço e no comprimento de onda define as características dos dados nestas dimensões críticas.

Whiskbroom =  
movimento rápido

# Sensores Ópticos

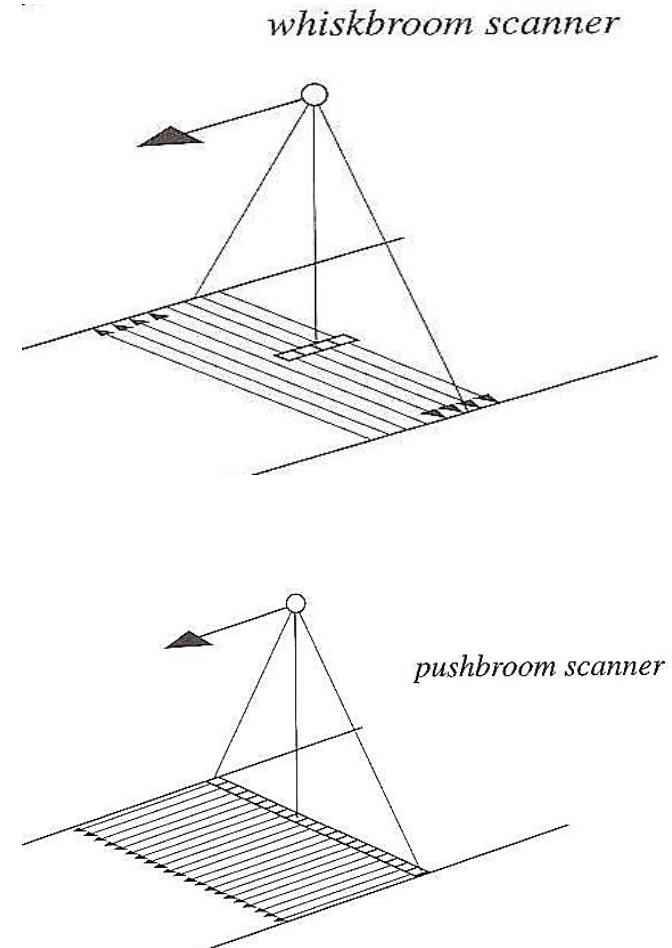
Se considerarmos um espaço contínuo tri-dimensional paramétrico  $(x, y, \lambda)$ , definido com as coordenadas  $(x, y)$  e o comprimento de onda  $(\lambda)$  podemos visualizar cada píxel de uma imagem como representando uma integração sobre um elemento de volume pequeno.



# Sensores Ópticos

**Os scanners whiskbroom,** como o Landsat TM, usam vários elementos detectores alinhados com a direcção do movimento para efectuar o varrimento paralelo.

**Os scanners Pushbroom,** como o SPOT, têm um vector linear de detectores (sensores) com milhares de elementos, alinhados cross-track que varrem a totalidade da largura da imagem em paralelo.





# Sensores Ópticos

A quantidade mais frequentemente usada é o IFOV (Instantaneous Field of View) definido como o ângulo subentendido por um único detector no eixo do sistema óptico.

$$\text{IFOV} = \text{FOV} / (\text{número píxeis})$$

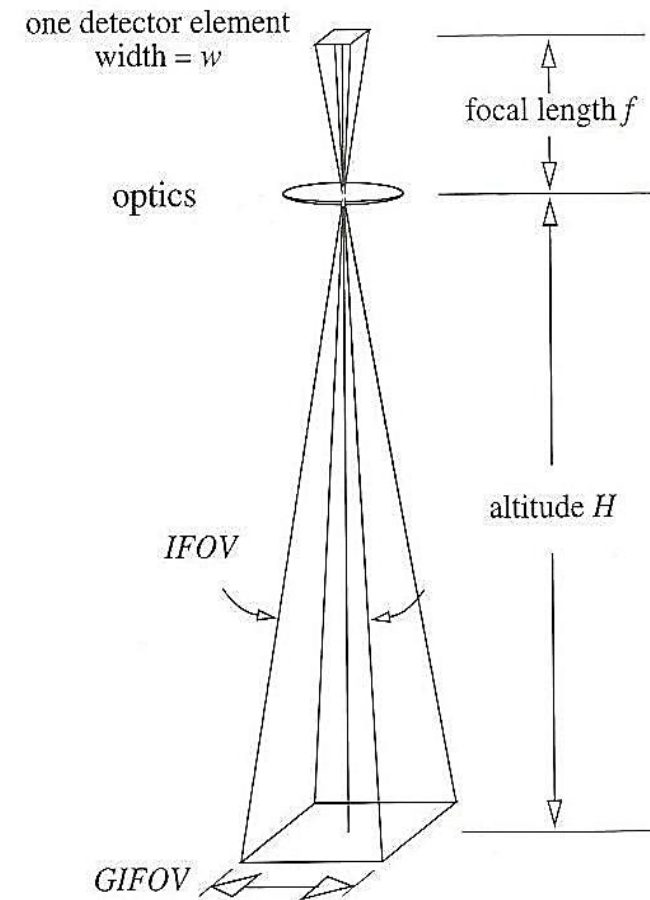
O IFOV é independente da altitude do satélite.

O valor de GIFOV é:

(Ground-projected Instantaneous Field of View)

$$\text{GIFOV} = H \tan(\text{IFOV})$$

ou GSD, Ground Sampling Distance



# Resolução Espacial

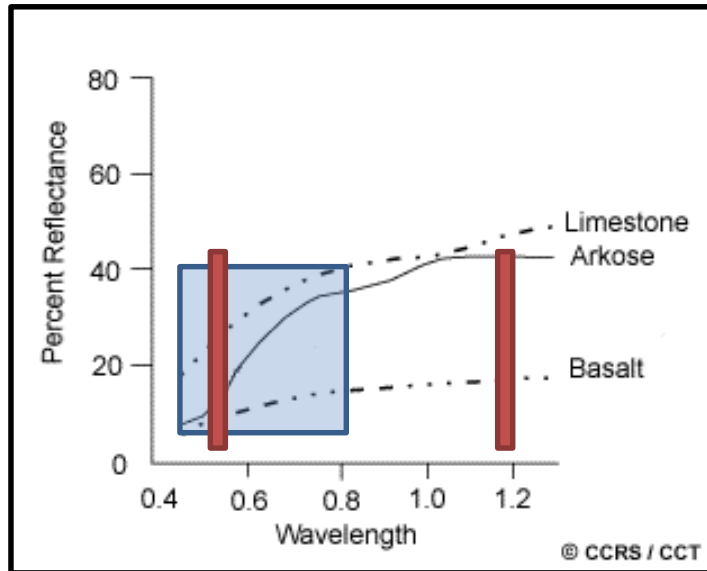
A **resolução espacial** é o valor do GIFOV, a menor que é representada na imagem.

Dizemos que a resolução **é baixa ou grosseira** quando não é possível observar elementos de pequena dimensão.

Dizemos que a resolução **é elevada** quando os pequenos objectos são detectáveis



# Resolução Espectral



A **Resolução Espectral** é a capacidade do sensor definir intervalos de comprimentos de onda finos.

Quanto mais fina a resolução espectral mais estreito o intervalo de comprimento de onda para uma determinada banda ou canal

Por exemplo estes tipos de rochas não poderão ser distinguidos com os intervalos de comprimentos de onda usados por este sensor.

# Resolução Espectral

---

Muitos sistemas de DR registam a energia em vários intervalos de comprimentos de onda separados com várias resoluções espectrais.



Estes sensores são referidos por:  
**Sensores multi-espectrais.**



Outros sensores mais avançados que detectam centenas de bandas muito estreitas desde o visível, ao IV próximo e médio do e.m. são chamados **Hiper-espectrais.**

Uma elevada resolução espectral facilita a discriminação entre diferentes alvos baseados na sua resposta espectral em cada uma das suas bandas estreitas



# Resolução Radiométrica



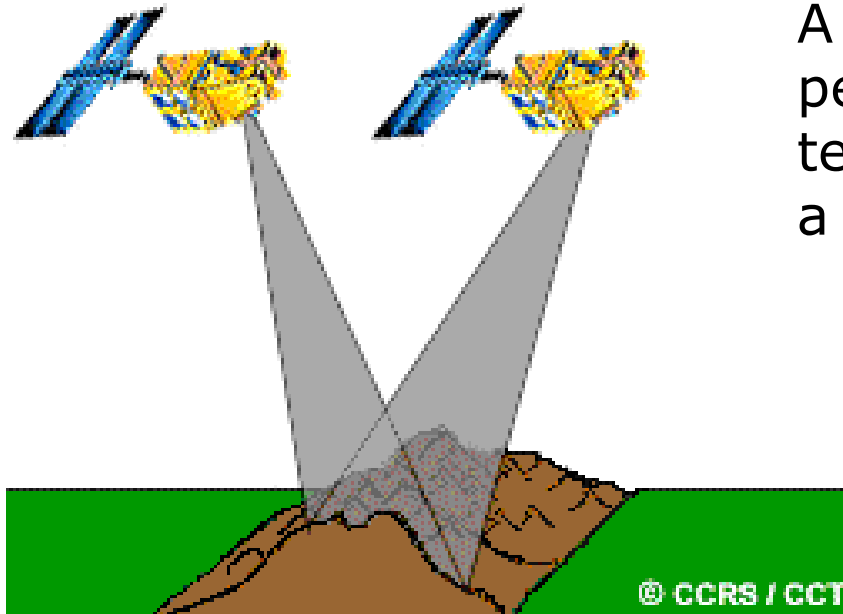
A resolução radiométrica de uma imagem descreve a capacidade de discriminar pequenas diferenças na energia.

Quanto maior a resolução radiométrica de um sensor mais sensível será na detecção de pequenas diferenças na energia reflectida ou emitida.

Quanto maior for o número de bits para representar os valores de intensidade de uma imagem maior será a sua resolução radiométrica.

( este assunto será retomado seguidamente)

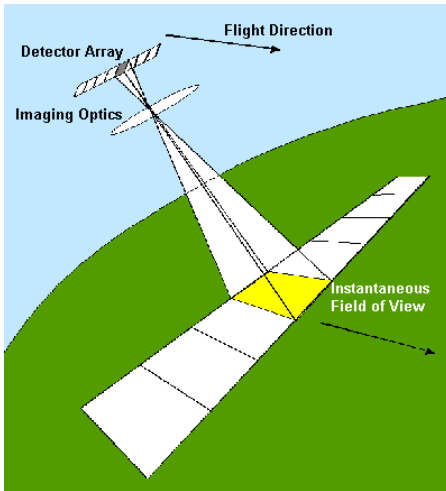
# Resolução Temporal



A resolução temporal é o período de revisita, ou seja o tempo que demora um satélite a completar um ciclo orbital.

O período de revisita é geralmente de vários dias. No caso do Sentinel1 é 12 dias, Sentinel-2 10 dias, Landsat 15 dias, SPOT 26 dias.

Alguns satélites têm a capacidade de redireccionar os sensores e permitir registar dados de uma área em passagens (traços) diferentes separados por períodos de um até 5 dias.



Em cada pixel, é medido pelo sensor a **radiância** de uma área relativamente pequena do total da imagem.

A radiância “vista” pelo detector em cada pixel é convertida num sinal eléctrico e posteriormente quantificado num valor discreto inteiro:



**O Número Digital (DN)**

Nos dados digitais é usado um número finito de bits, **Q**, para codificar como números binários os dados contínuos de medição. O número discreto de DNs é dado por:

$$N_{DN} = 2^Q \quad (Q=8 \text{ bits} , N= 256 \text{ níveis})$$

Quanto maior o valor de  $Q$ , mais aproximado é o valor registado dos dados contínuos originais e maior a **resolução radiométrica** do sensor.

Os sensores SPOT e TM têm 8 bits por pixel, enquanto que o AVHRR tem 10 bits por pixel e o IKONOS tem 11 bits por pixel, MODIS 12 bits por pixel, Landsat-8 tem 12 bits.

Em resumo:

Um pixel é caracterizado, numa primeira ordem, por três quantidades:

**GIFOV**  
(resolução efectiva no terreno)

**resolução espectral**  
(numero de bandas e largura das banda)

**Resolução radiométrica**  
(numero de bits)



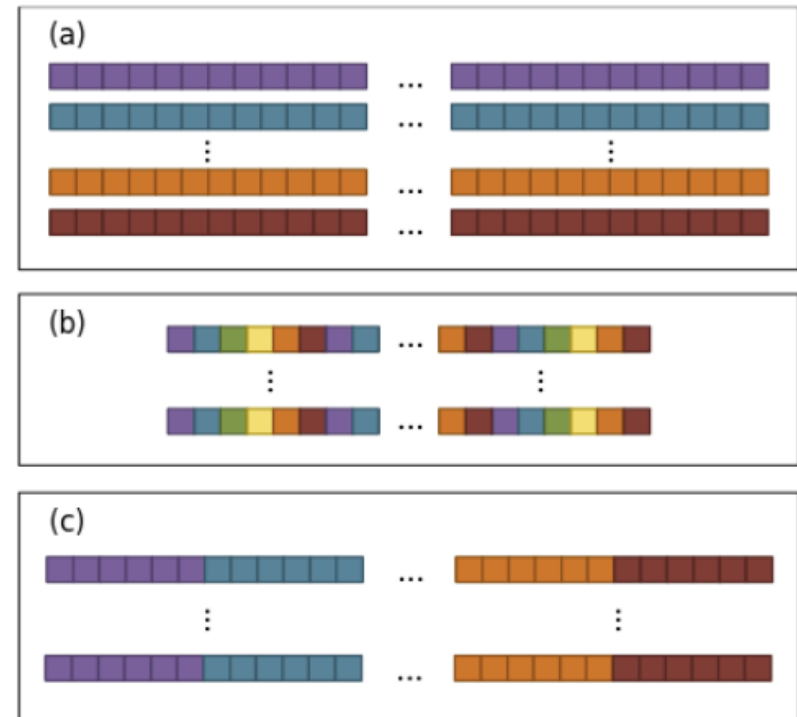
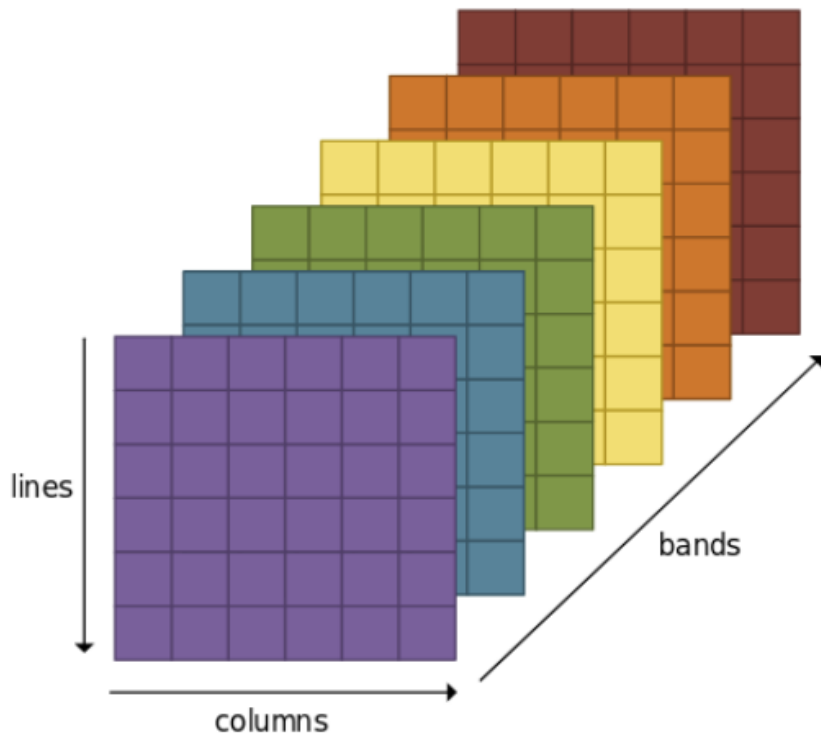
As imagens de Detecção Remota são guardadas no disco num dos três formatos:

BSQ (Band SeQuential )  
BIP (Band Interleaved by Pixel)  
(BIS – Band Interleaved by Sample)  
BIL (Band Interleaved by Lines)

Estes formatos são determinados por diferentes ordenações das três dimensões dos dados. Do ponto de vista do tempo de acesso:

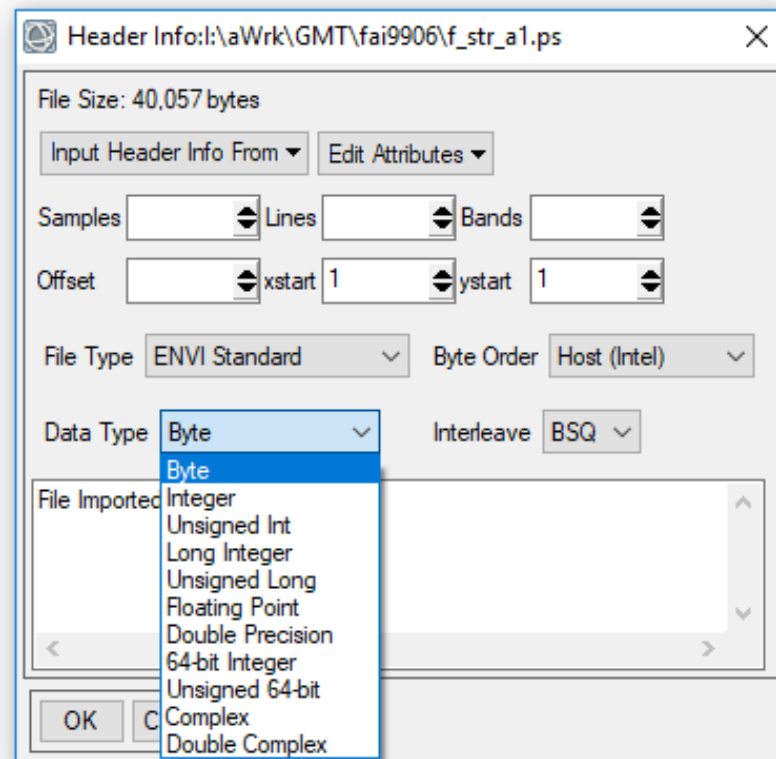
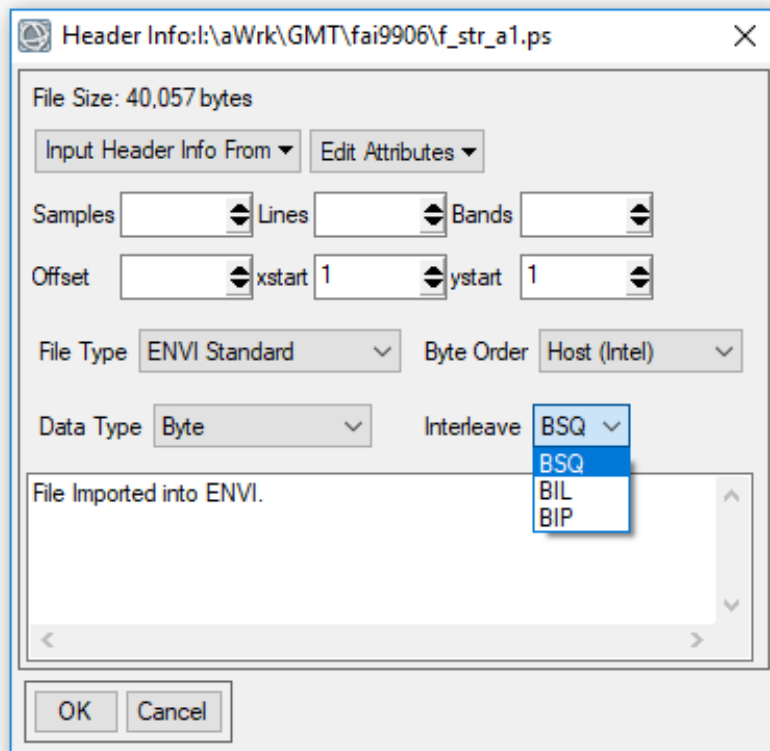
- ❑ o formato BSQ é preferível se estamos interessados em trabalhar individualmente com as bandas
- ❑ o formato BIS é preferível se estamos a trabalhar com todas as bandas numa pequena área.

# Sistemas de Imagem



- a) BSQ (Band Sequential)
- b) BIP (Band Interleaved by Pixel)
- c) BIL (Band Interleaved by Lines)

# Leitura de um ficheiro imagem binário



map info

Lists geographic information in the following order:

- Projection name
- Reference (tie point) pixel **x** location (in file coordinates)
- Reference (tie point) pixel **y** location (in file coordinates)
- Pixel easting
- Pixel northing
- x pixel size
- y pixel size
- Projection zone (UTM only)
- North or South (UTM only)
- Datum
- Units

See [Enter Map Information for Georeferenced Files](#) for further details.

s follows:

offset values data reflectance offset values = REFLECTANCE\_ADM\_BAND\_1 / SIN(sun\_elevation)

data type

The type of data representation:

- 1 = Byte: 8-bit unsigned integer
- 2 = Integer: 16-bit signed integer
- 3 = Long: 32-bit signed integer
- 4 = Floating-point: 32-bit single-precision
- 5 = Double-precision: 64-bit double-precision floating-point
- 6 = Complex: Real-imaginary pair of single-precision floating-point
- 9 = Double-precision complex: Real-imaginary pair of double precision floating-point
- 12 = Unsigned integer: 16-bit
- 13 = Unsigned long integer: 32-bit
- 14 = 64-bit long integer (signed)
- 15 = 64-bit unsigned long integer (unsigned)

default bands

Indicates which band numbers to automatically load into the Data Manager **Greyscale** or **R**, **G**, and **B** fields every time the file is opened. By default, a new image is automatically loaded when a file that has default bands defined in its header is opened. If only one band number is used, then ENVI loads a greyscale image.

default stretch

Determines what type of stretch (% linear, linear range, Gaussian, equalization, square root) to use when ENVI displays the image.

dem band

Index (starting at 1) of a selected [DEM band associated with the image](#). The dem band is not written if the DEM file contains a single band, or if the first band is chosen. In these cases, the dem band value defaults to 0.

dem file

Path and filename of a [DEM associated with the image](#).



Computer > Disk21 (K:) > horticola > 20160530\_resampled.data

Search 20160530\_resampled.da

Organize Include in library Share with Burn New folder

Name	Date modified	Type	Size
vector_data	09-03-2017 11:27	File folder	
B2.hdr	08-03-2017 11:26	HDR File	2 KB
B2.img	08-03-2017 11:29	Disc Image File	85219 KB

Recent Places: Dropbox, OneDrive

Libraries

Home View

Clipboard: Cut, Copy, Paste

Font: Courier New, 11, Bold, Italic, Underline, Text color, Background color

Paragraph: Bulleted list, Numbered list, Decrease indent, Increase indent, Paragraph styles

Insert: Picture, Paint drawing, Date and time, Insert object

Editing: Find, Replace, Select all

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

```

ENVI
description = {
  NDVI Transform Result [Fri Feb 17 14:55:22 2017]}
samples = 3512
lines = 2105
bands = 1
header offset = 0
file type = ENVI Standard
data type = 4
interleave = bsq
sensor type = Unknown
byte order = 0
map info = {UTM, 1.000, 1.000, 498225.000, 4151565.000, 3.0000000000e+001, 3.0000000000e+001, 29, North, WGS-84,
units=Meters}
coordinate system string = {PROJCS["WGS_1984_UTM_Zone_29N",GEOGCS["GCS_WGS_1984",DATUM["D_WGS_1984",SPHEROID["WGS_1984",6378137.0,298.257223563]],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],PROJECTION["Transverse_Mercator"],PARAMETER["False_Easting",500000.0],PARAMETER["False_Northing",0.0],PARAMETER["Central_Meridian",-9.0],PARAMETER["Scale_Factor",0.9996],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],UNIT["Meter",1.0]}
wavelength units = Unknown
band names = {
  NDVI (subset)}
  
```

# Distorção Geométrica das imagens

---

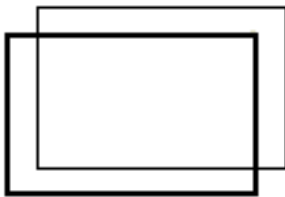
Qualquer sistema de DR terá distorções geométricas. Este é um problema inerente à DR uma vez que pretendemos representar a superfície da Terra 3D numa imagem bidimensional. (matematicamente equivalente ao problema da cartografia matemática, acrescida de outras deformações)

Os elementos que contribuem para a distorção geométrica das imagens são:

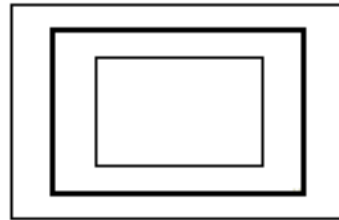
- a) O movimento do sistema de varrimento
- b) A instabilidade da plataforma.
- c) A atitude da plataforma
- d) O relevo do terreno
- e) Curvatura e rotação da Terra.

# Distorção Geométrica das imagens

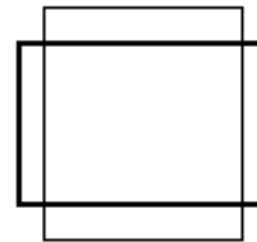
## External Distortions



(a) Shift error



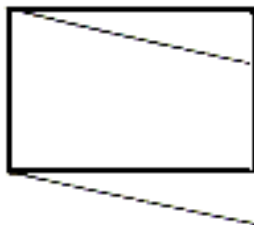
(b) Scale error



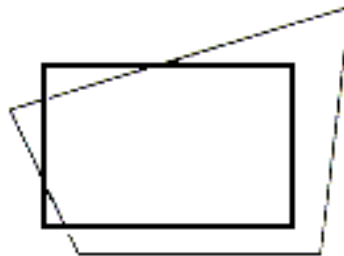
(c) V/H error



(d) Skew



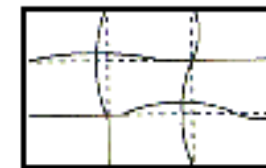
(e) Skew of scan line



(f) Projection distortion



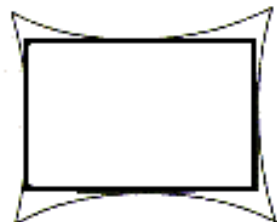
(g) Distortion due to  
Earth curvature



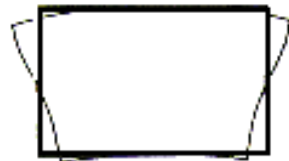
(h) Terrain relief  
Displacement

# Distorção Geométrica das imagens

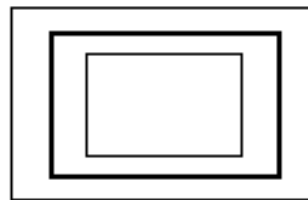
## Internal Distortions



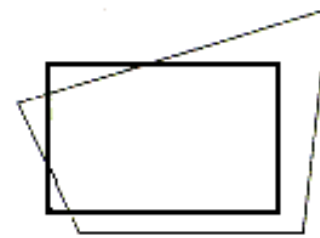
(a) Radial distortion



(b) Tegential distortion



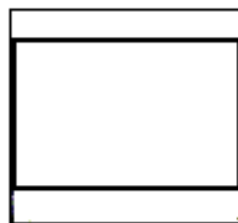
(c) Scale error



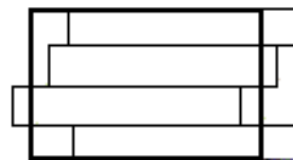
(d) Projection distortion



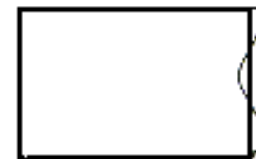
(e) Skew



(f) Along track scale error



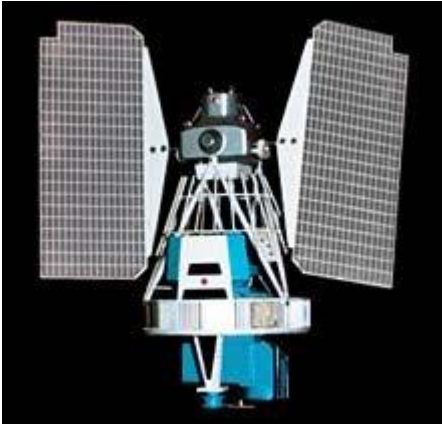
(g) Step-wise distortion



(h) Scan-line scale error



# Satélites de Observação da Terra (EOS)



O LANDSAT foi o primeiro sistema de satélites de observação da Terra desenhado para obter uma cobertura global da superfície da Terra numa base regular.

O primeiro LANDSAT foi lançado em 1972.

O primeiro nome deste programa foi ERTS (Earth Resources Technology Satellite).

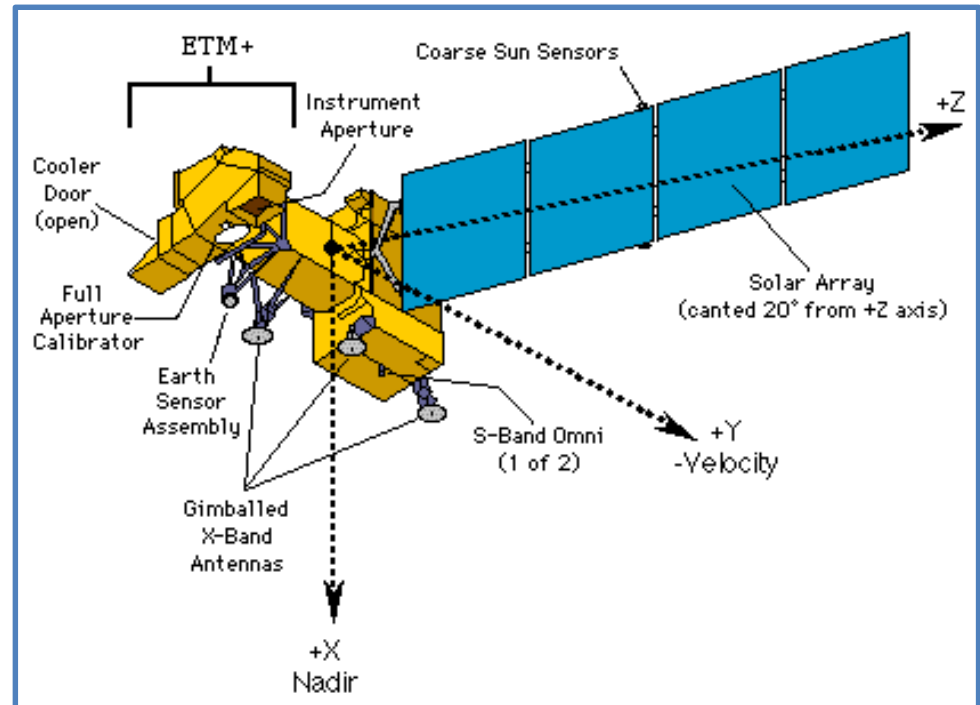
Foram lançados os satélites Landat-2 (1975), Landsat-3 (1978), Landat-4 (1982) e Landsat-5 (1984). Landsat-6 (1993, não chegou a funcionar), Landsat-7 (1999) e Landsat-8 (Fev 2013), Landsat-9 (Set 2021).

# LANDSAT 7- Satélite

O principal instrumento é o ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) apontando para o nadir.

A banda S é usada para operações de comando e a banda X para transmissão de dados.

Tem um disco de 378Gb que armazenam 42 minutos de imagens.



A energia é fornecida por um painel solar e duas baterias de Níquel-Hidrogénio.

# LANDSAT 8

---

Foi lançado a 11 de Fevereiro de 2013.

O Landsat 8 tem a bordo dois sensores:

Operational Land Imager  
(OLI)

Thermal InfraRed Sensor  
(TIRS).

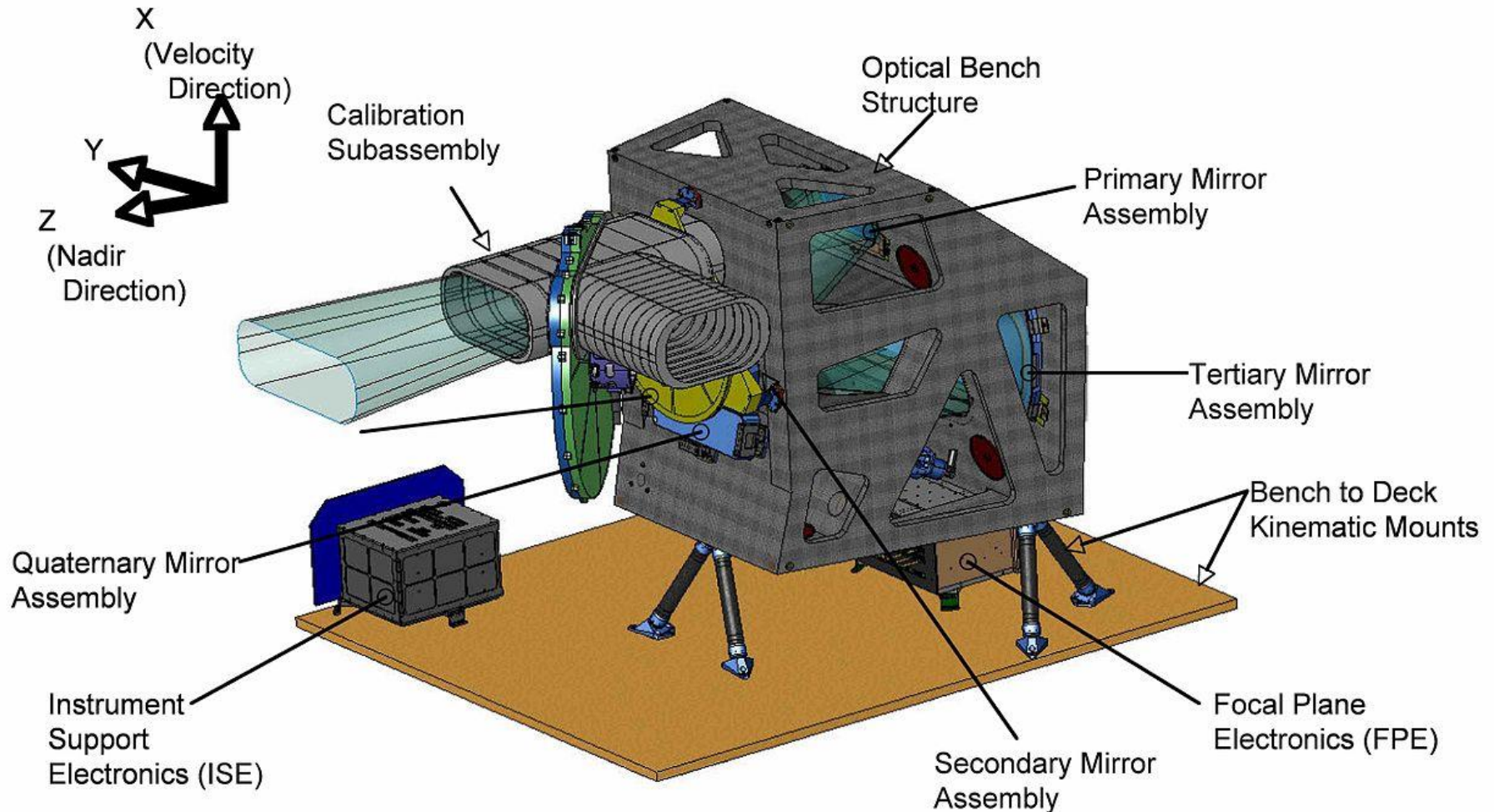
The Landsat 8 scene size is 185-km-cross-track-by-180-km-along-track.

The nominal spacecraft altitude will be 705 km.

Cartographic accuracy of 12 m or better (including compensation for terrain effects) is required of Landsat 8 data products.

---

# OLI Instrument Overview



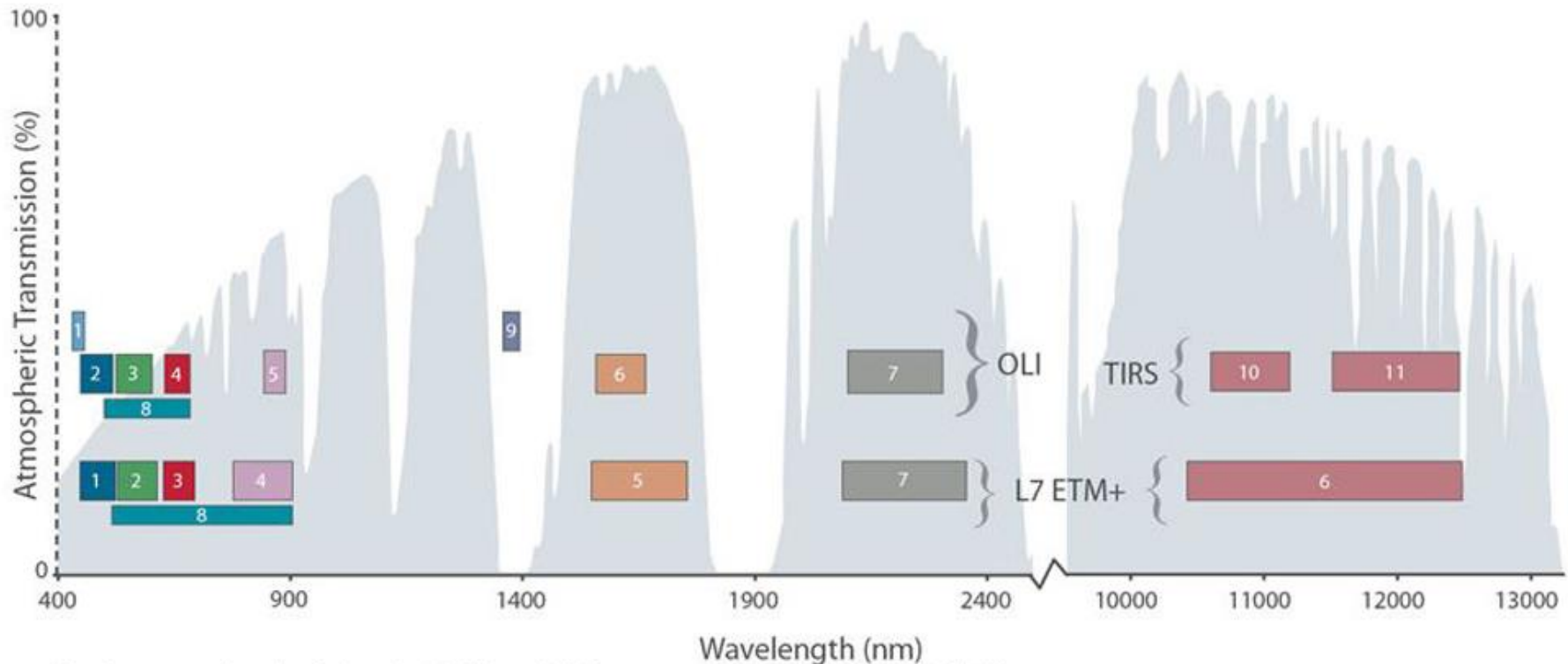
15-degree field-of-view, 7000 pixels per spectral band, exception of the 15 m panchromatic band that requires over 13,000 detectors (<http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=5775>)



# LANDSAT 8 – Bandpass wavelength

<b>Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)</b>  <b>Launched February 11, 2013</b>	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	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    Short wave IR	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

# LANDSAT 8 e 9 – Bandpass wavelength



Bandpass wavelengths for Landsat 8 OLI and TIRS sensor, compared to Landsat 7 ETM+ sensor

*Note: atmospheric transmission values for this graphic were calculated using MODTRAN for a summertime mid-latitude hazy atmosphere (circa 5 km visibility).*

New infrared channel (band 9) for the detection of cirrus clouds.

Radiometric quantization (12-bits)

# Sentinel -2

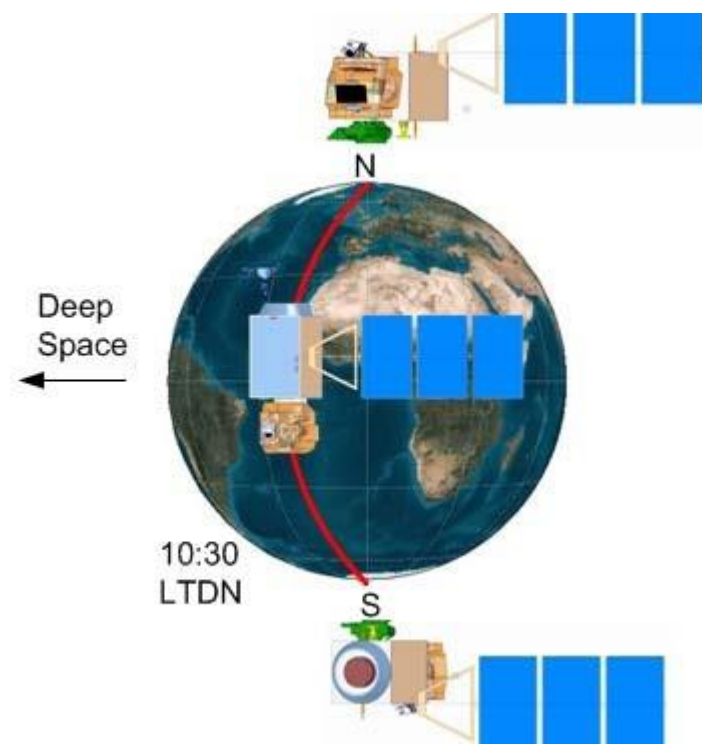
Sentinel-2 carries an innovative wide swath high-resolution multispectral imager with 13 spectral bands for a new perspective of our land and vegetation.

## **Applications:**

Plant Health, Changing lands, Water bodies, Disaster Mapping

The span of 13 spectral bands, from the visible and the near infrared to the shortwave infrared at different spatial resolutions ranging from 10 to 60 m takes land monitoring to an unprecedented level.

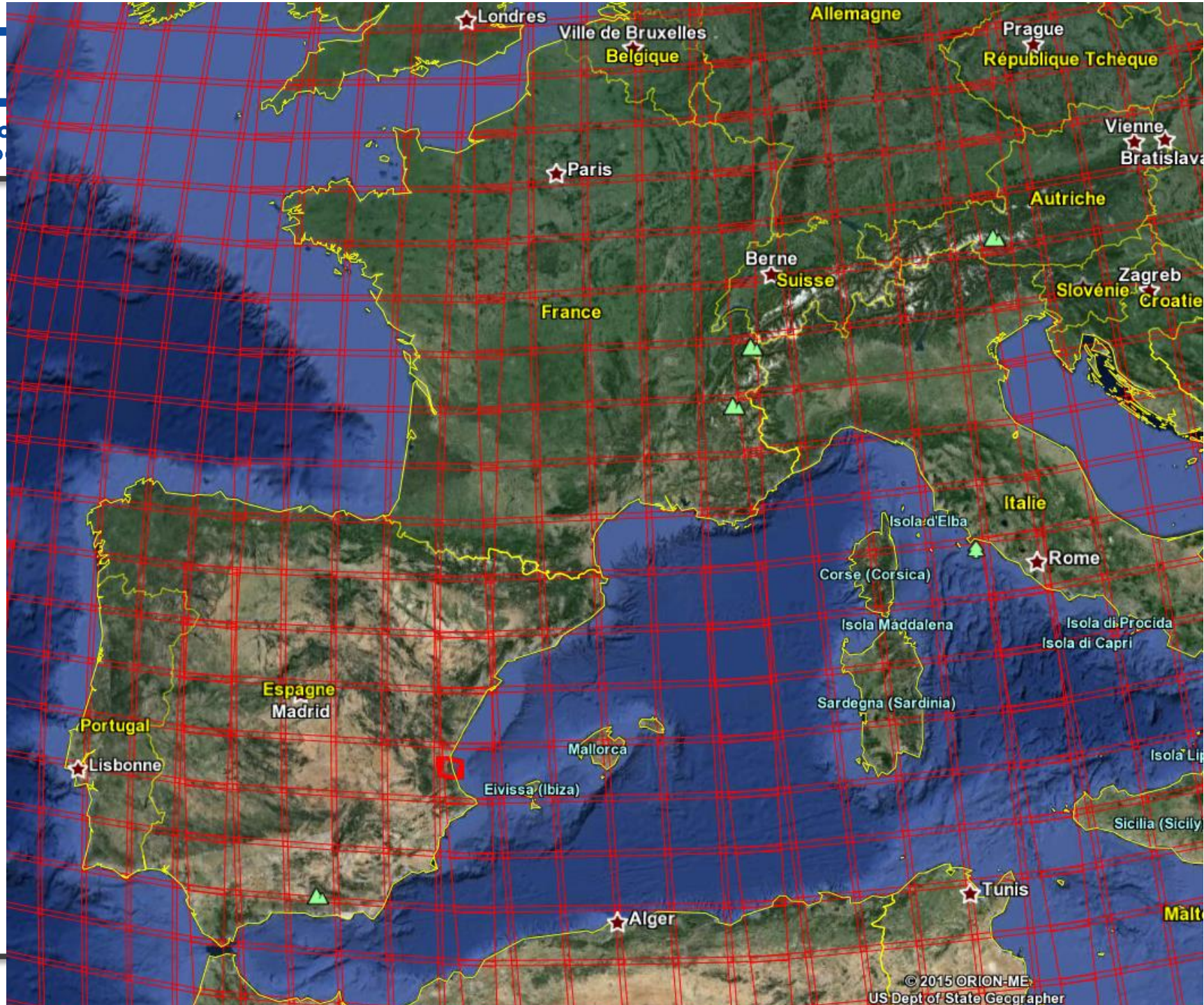
Sentinel-2 include three bands in the 'red edge',







Ciência  
ULisboa





# Sentinel -2

---

**Launch:** 23 June 2015

**Orbit:** Polar, Sun-synchronous at altitude of 786 km

**Revisit time:** Five days from two-satellite constellation (at equator)

**Satellite:** 3.4 m long, 1.8 m wide, 2.35 m high

**Instrument:**

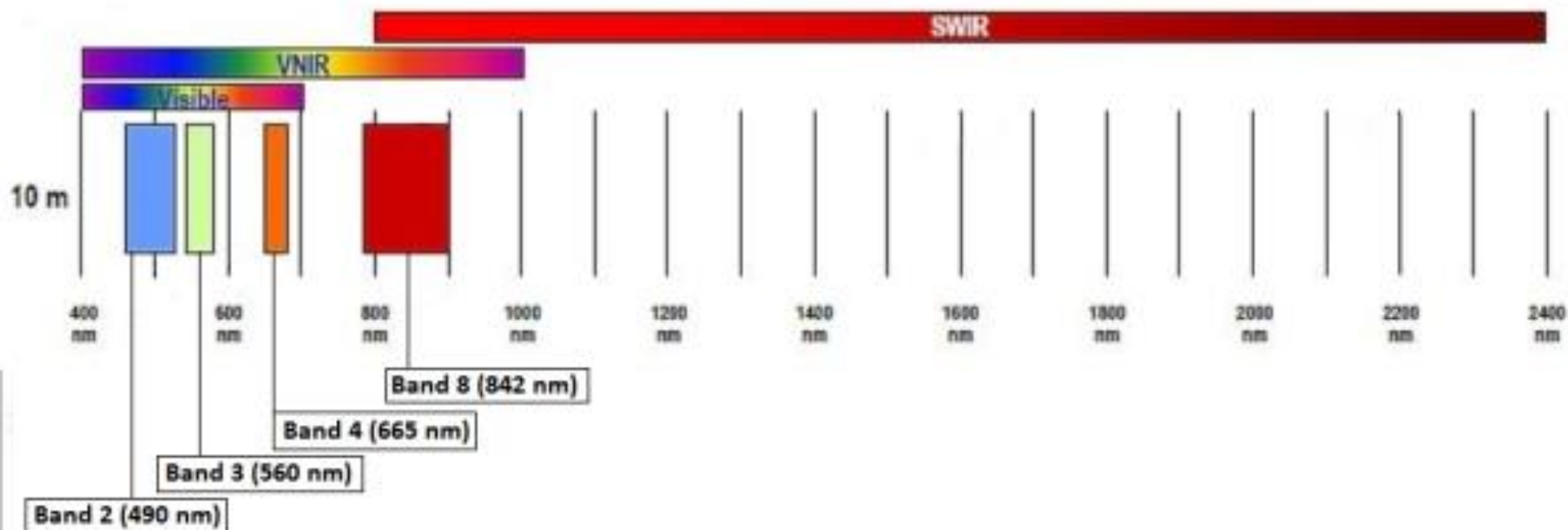
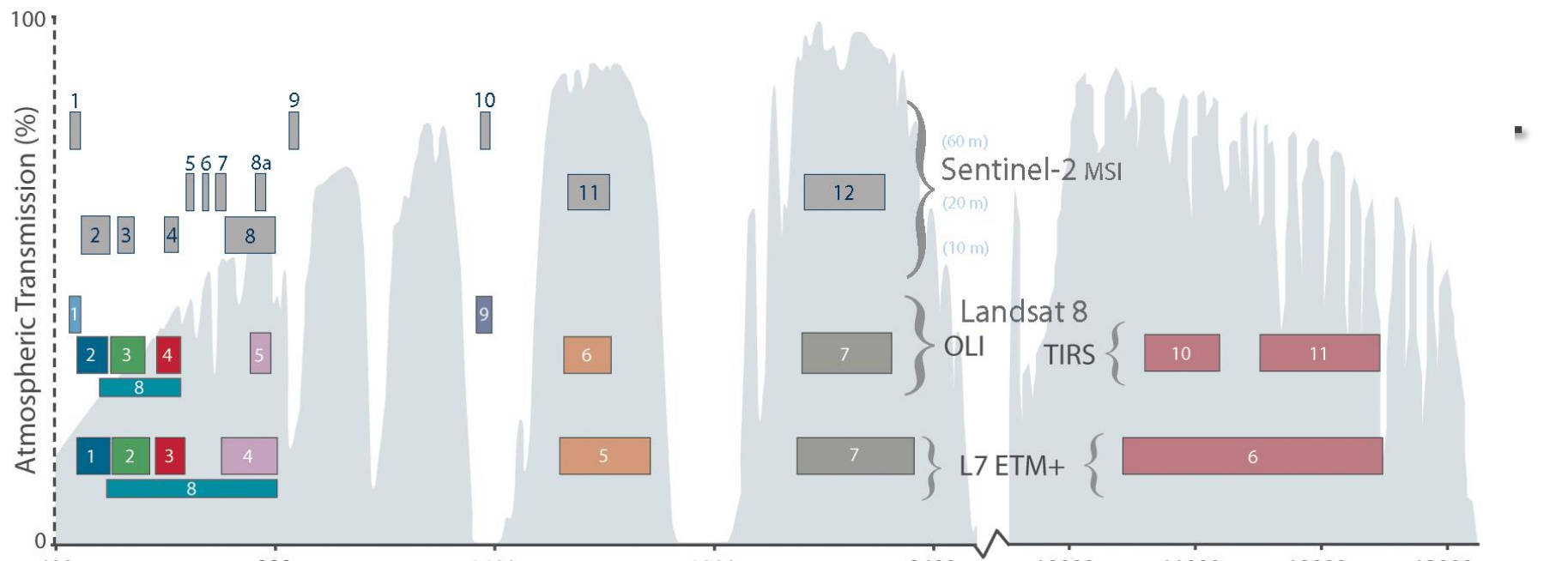
Multispectral imager (MSI) covering 13 spectral bands (443 nm–2190 nm)

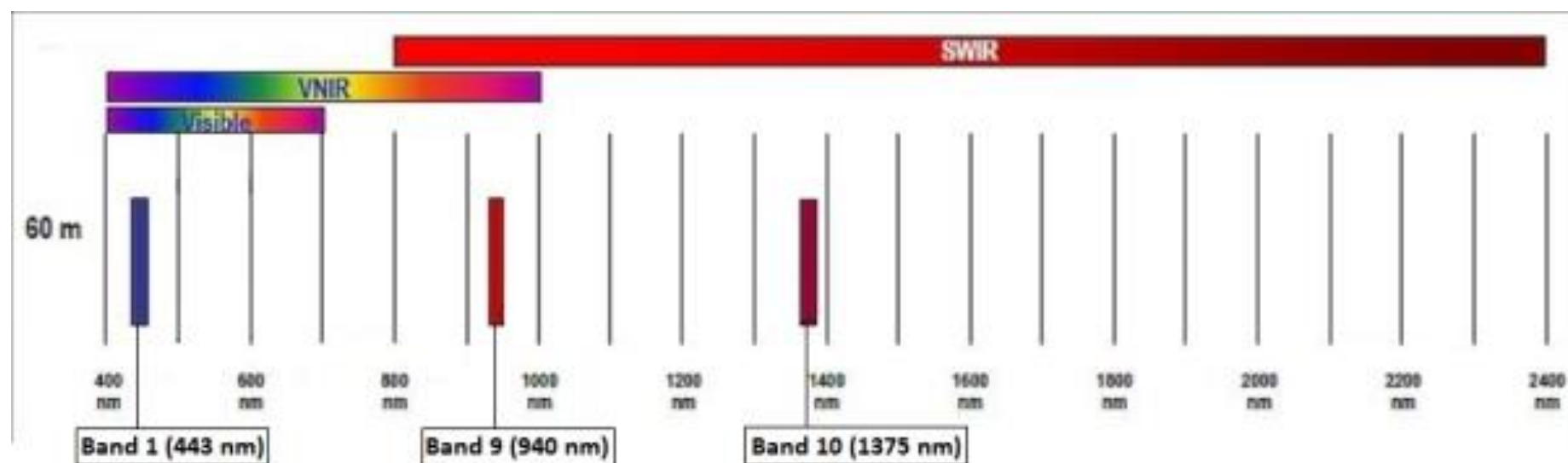
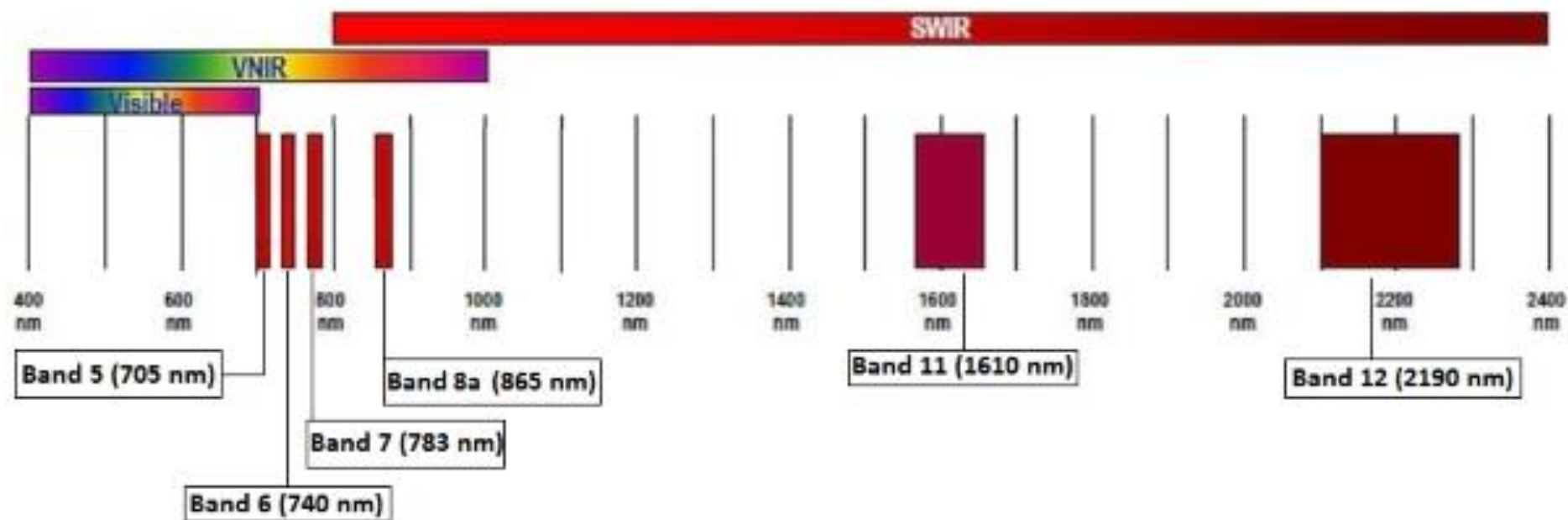
with a swath width of 290 km and  
spatial resolutions of :

10 m (4 visible and near-infrared bands),  
20 m (6 red-edge/shortwave-infrared bands) and  
60 m (3 atmospheric correction bands)

---

# Comparison of Landsat 7 and 8 bands with Sentinel-2










Ciências  
ULisboa

<https://dataspace.copernicus.eu/>

PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION

copernicus  
Sentinel open access

esa

EXPLORE DATA ▼

ANALYSE DATA ▼

ECOSYSTEM ▼

SUPPORT ▼

LOGIN

REGISTER 





Ciências  
ULisboa

## Simplify your data processing

Enhance your experience and streamline your workflows with the Jupyter Notebooks service. This service enables you to leverage the Copernicus Data Space Ecosystem services and access data effortlessly.

The Jupyter Notebooks service allows you to dive into data exploration, visualization, and analysis without the hassle of installing dependencies or downloading large data sets.

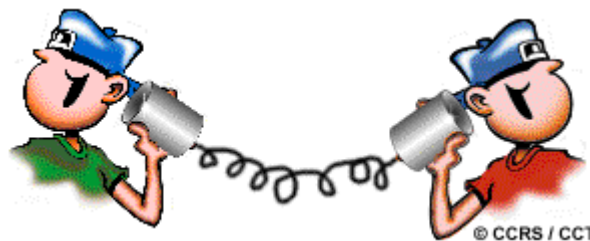


# **FIM do 1º Capítulo**

## **Curiosidades e questões**

# Questões

Pode a Detecção Remota usar algo mais que a radiação electromagnética?



## Resposta:

Embora o uso do termo detecção remota pressuponha o uso de radiação electromagnética, a definição mais geral de “aquisição de informação à distância”, não exclui outras formas de energia. O uso do som é uma alternativa óbvia.

Um exemplo são os sonares acústicos usados no mar.

# Questões

Assumindo que a velocidade da luz é  $3 \times 10^8$  m/s. Se a frequência de uma onda electromagnética é de 500.000 GHz (giga hertz GHz =  $10^9$  Hz), qual é o comprimento de onda da radiação? Expresse sua resposta em micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

## Resposta:

$$c = \lambda f$$

$$3 \times 10^8 \text{ (m/s)} = \lambda \text{ (m)} (500000 \times 10^9 \text{ Hz})$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 / 5 \times 10^{14} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1} (f=1/T)$$

Reposta :  $0.6 \mu\text{m}$



Quais seriam as condições atmosféricas ideais para a DR na área do visível?

## Resposta:

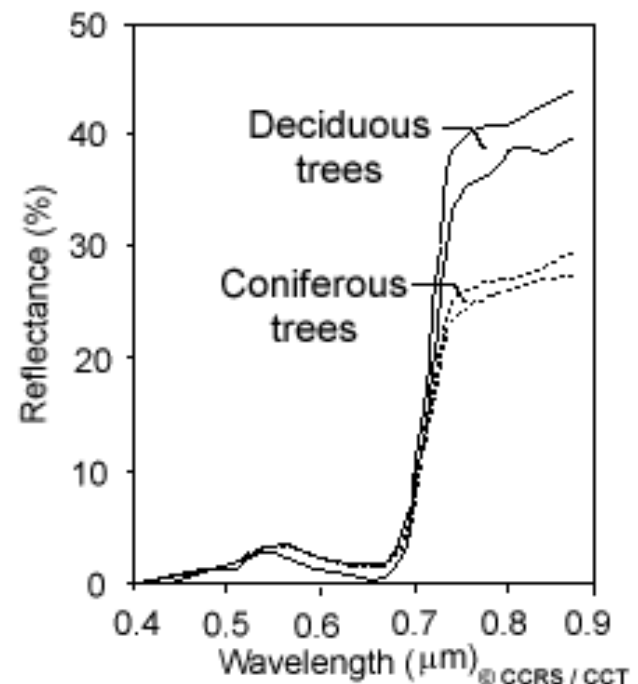
Por volta do meio-dia num dia de sol, seco, sem nuvens e nenhuma poluição seria o ideal para a DR.

Ao meio-dia o sol está no seu ponto mais alto, o que reduz a distancia que a radiação tem de percorrer e, portanto, os efeitos de difusão são mínimos.

# Questões

Se pretendêssemos mapear as árvores de folha caduca e as coníferas (por exemplo, pinheiros, ou abetos) numa floresta usando dados de DR, qual seria a melhor maneira de fazer este mapeamento?

Use as curvas de reflectância que ilustram o padrão de resposta espectral destas espécies para explicar a resposta.



## Resposta:

Como ambos os tipos de árvores aparecem verdes ao olho nu não poderemos usar a banda do visível.

Olhando para as curvas da reflectância para os dois tipos de árvores, é claro que seria difícil distinguir com qualquer um dos comprimentos de onda visíveis.

No entanto, no infravermelho próximo, embora ambos os tipos reflectam uma parte significativa da radiação, são claramente separáveis.

Assim, um sistema de DR que detecte o infravermelho próximo ( $0,8 \mu\text{m}$  de comprimento de onda) seria ideal para esta finalidade.

Qual é a vantagem de se trabalhar com várias bandas espectrais como combinação colorida em vez de se examinar cada uma das imagens individualmente?

## **Resposta:**

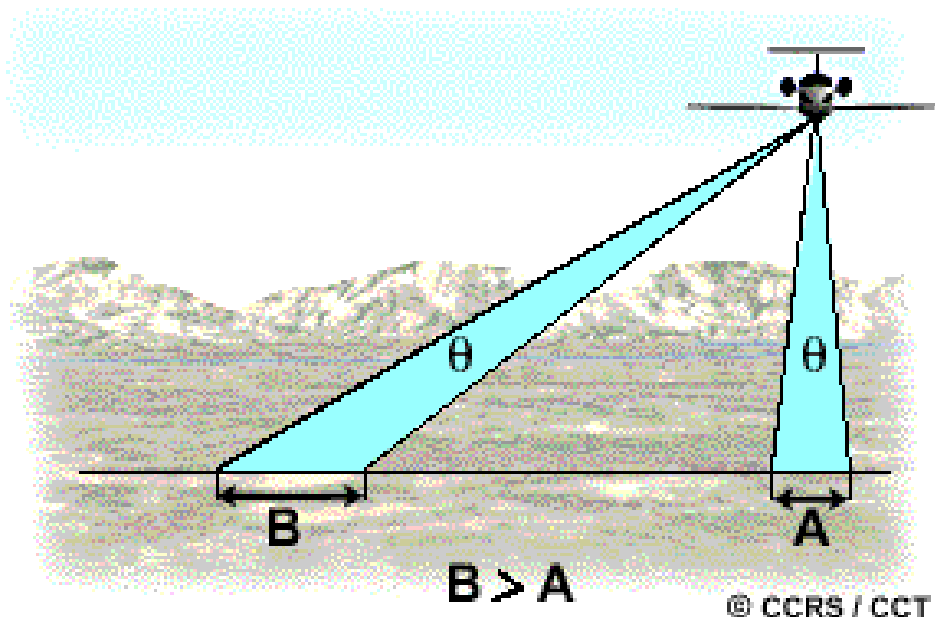
Combinando diferentes canais de diferentes comprimentos de onda numa imagem , podemos conseguir identificar combinações de reflectância entre os diferentes canais que evidenciem entidades/ características que de outra forma não poderiam ser detectadas, se examinássemos um canal de cada vez.

Adicionalmente, estas combinações podem manifestar , elas mesmo, um subtil variação na cor (aos quais os nossos olhos sejam mais sensíveis) mais que as variações nos tons de cinzento que seriam vistos quando examinamos cada banda individualmente.



# Curiosidades

Se o IFOV é constante (o que é normalmente o caso), então a área no terreno representada no terreno no nadir terá uma maior escala de representação que os pixels afastados do nadir. Isto significa que a resolução espacial varia do centro da imagem para a periferia.



Existe uma relação entre a resolução espacial, espectral e radiométrica que deverá ser tomada em consideração no desenho do sensor.

Para uma maior resolução espacial o IFOV deverá ser reduzido.

Contudo, isto reduz a quantidade de energia que pode ser detectada uma vez que a área da célula no terreno passou a ser menor. Isto conduz a uma menor resolução radiométrica – a capacidade para detectar diferenças de energia mais finas.

Para aumentar a quantidade de energia detectada (e consequentemente a resolução radiométrica) sem reduzir a resolução espacial temos de aumentar a largura da banda detectada por cada canal ou banda.

Infelizmente, isto reduz a resolução espectral do sensor.

De forma inversa, uma resolução espacial mais grosseira permitirá um aumento da resolução radiométrica ou espectral.



Estes três tipos de resolução deverão ser balanceados em função das capacidades e objectivos da missão.

## Questões

1. Se a largura de banda espectral do satélite CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager), com 288 canais, é exactamente de  $0.40\text{ }\mu\text{m}$  a  $0.90\text{ }\mu\text{m}$  e cada banda cobre um comprimento de onda de  $1.8\text{ nm}$  (nanómetros,  $10^{-9}\text{ m}$ ), haverá sobreposição entre as bandas espectrais?

### Resposta:

A largura de banda é  $0.90 - 0.40\text{ }\mu\text{m} = 0.50\text{ }\mu\text{m}$ .  
Se existem 288 canais de  $1.8\text{ nm}$  cada, então:

$$1.8\text{ nm} = 1.8 \times 10^{-9}\text{ m}$$

$$1.8 \times 10^{-9}\text{ m} \times 288 = 0.0000005184\text{ m}$$

$$0.0000005184\text{ m} = 0.5184\text{ }\mu\text{m}$$

Como  $0.5184$  é maior que  $0.50$ , a resposta é afirmativa:  
haverá sobreposição de algumas bandas entre as 288 bandas.



Supondo que temos uma imagem digital com uma resolução radiométrica de 6 bits, qual é o número digital máximo representado nessa imagem?

Resposta:

$$2^6 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 64.$$

Como os números digitais nas imagens começam no zero, quer dizer que o valor máximo representado é 63.

1. Sabendo que o GFOV do Landsat é 185 km diga qual o valor do FOV.
  2. Sabendo que o Landsat tem um GIFOV de 30 m qual o valor de IFOV e quantos píxeis tem a imagem?
  3. Num ficheiro imagem em formato binário com 1000x2000 píxeis e com  $17.5 \times 10^5$  bytes, quantas bandas tem a imagem
  4. Uma imagem com 4 bandas, 1000 x 3000 píxeis em formato float, quantos bytes tem?
-

# Questões

Uma imagem digitalizada, 2 bandas 7 x 7, sistema BIL

5	3	4	5	4	5	5	5	5	4	6	7	7	7	2	2	3	4	4	4	6	2	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6	5	5	6	5	2	2	3	3	6	6	8	5	3	5	7	6	6	8	2	2	6	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

9	8	7	3	4	5	6	8	8	7	3	6	8	8	8	7	4	3	5	8	8	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	3	6	8	7	2	3	2	4	5	8	7	1	0	0	4	6	7	3	3	2	1	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6	7	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

A imagem na sua forma convencional

		PIXELS						
		1	2	3	4	5	6	7
L	1							
I	2							
N	3							
E	4							
S	5							
	6							
	7							

BANDA 'A'

		PIXELS						
		1	2	3	4	5	6	7
L	1							
I	2							
N	3							
E	4							
S	5							
	6							
	7							

BANDA 'B'



A imagem na sua forma convencional

		PIXELS						
		1	2	3	4	5	6	7
L	1	5	3	4	5	4	5	5
I	2	2	2	3	4	4	4	6
N	3	2	2	3	3	6	6	8
E	4	2	2	6	6	9	8	7
S	5	3	6	8	8	8	7	4
	6	3	6	8	7	2	3	2
	7	4	6	7	3	3	2	1

BANDA 'A'

		PIXELS						
		1	2	3	4	5	6	7
L	1	5	5	4	6	7	7	7
I	2	2	4	6	5	5	6	5
N	3	5	3	5	7	6	6	8
E	4	3	4	5	6	8	8	7
S	5	3	5	8	8	8	7	1
	6	4	5	8	7	1	0	0
	7	3	6	7	0	0	0	0

BANDA 'B'