



Short Summer School on Atmospheric Physics  
Universidade de Évora, Évora, July 4 – 6, 2016

# Atmospheric Remote Sensing

Maria João Costa

Dep. Física e ICT



# 1. Introdução

- **Medição indirecta (não há contacto com o meio em estudo)**

***DETECÇÃO REMOTA***

# 1. Introdução

## ***Observações In-Situ***

Os dispositivos de detecção/medição in-situ estão em contacto com o meio em estudo.

Existem numerosos aparelhos usados em meteorologia para medições in-situ. Podem ser utilizados à superfície da Terra, na água ou na atmosfera.



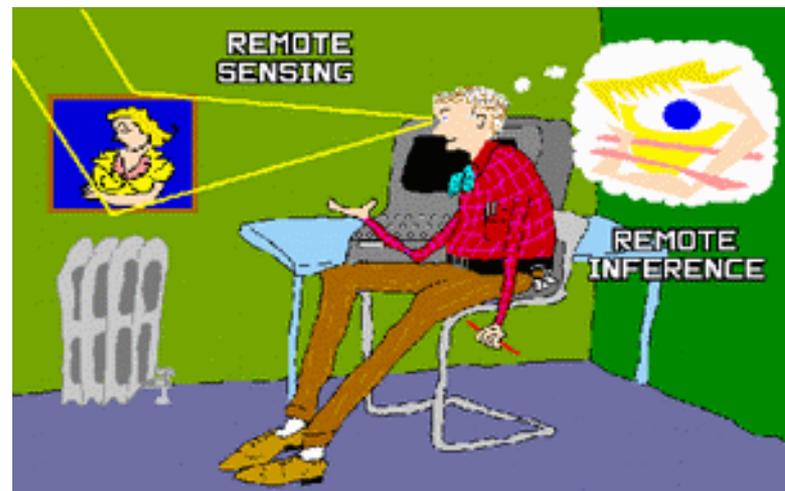
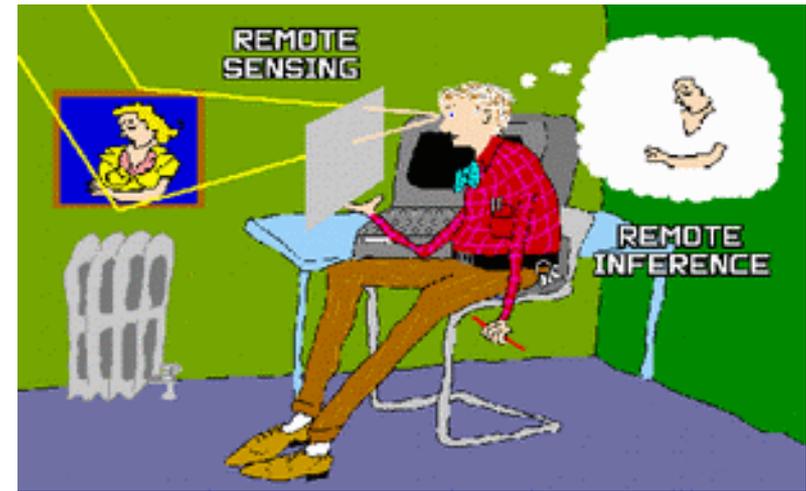
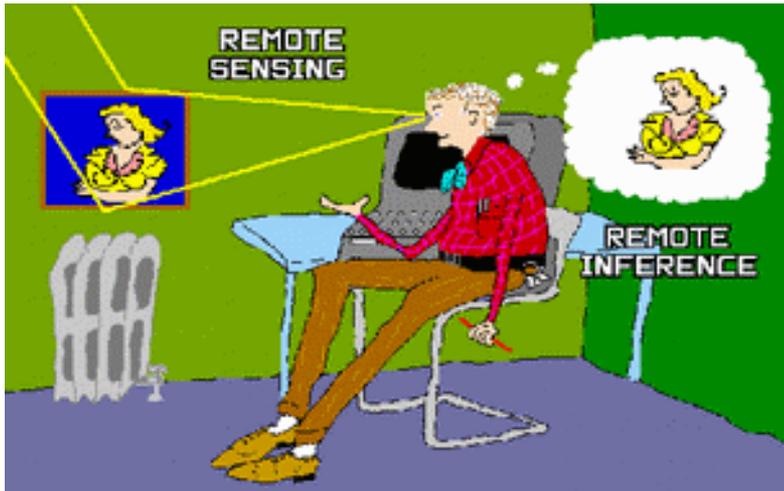
# 1. Introdução

## Detecção remota / interpretação



# 1. Introdução

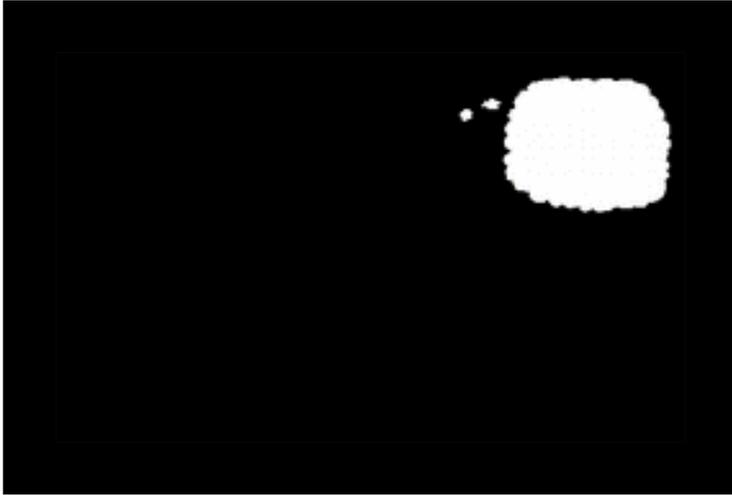
## Detecção remota / interpretação



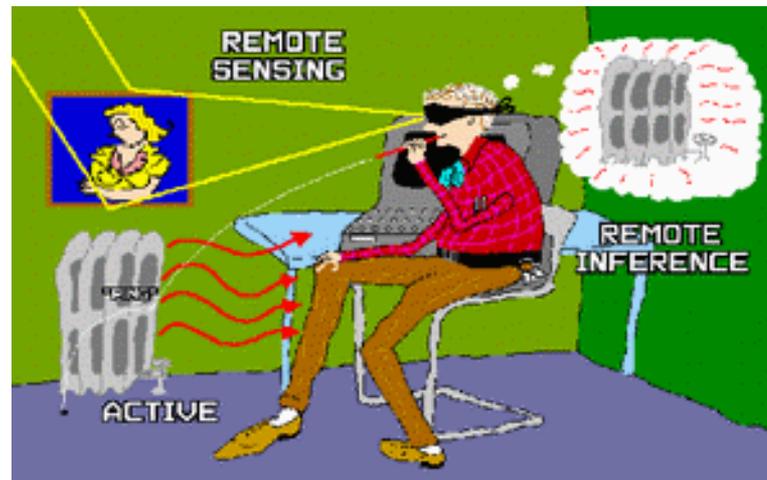
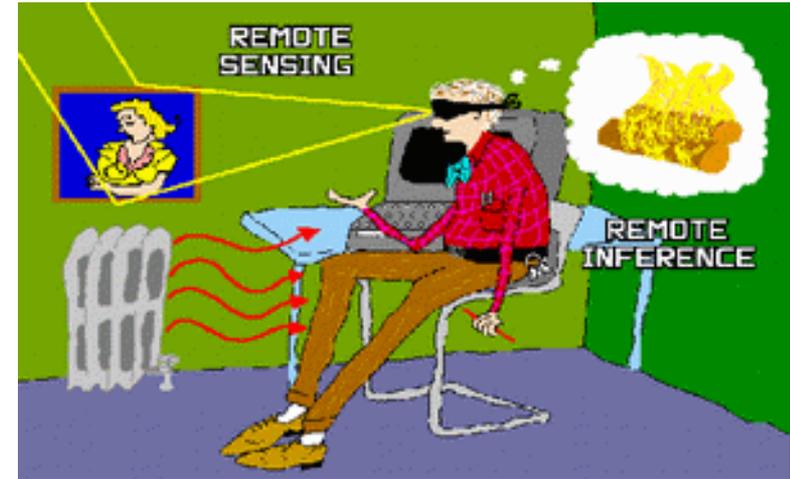
**A informação obtida por detecção remota pode ter diferentes interpretações...**

# 1. Introdução

## Detecção remota / interpretação



Nem toda a  
detecção  
remota é  
visível!



Detecção remota activa

# 1. Introdução

As ondas electromagnéticas interactuam com o meio, deixando uma “assinatura” que depende da composição e estrutura térmica do meio

$$\text{Sinal} = f(\text{Meio})$$

Sendo  $f$  uma função que não é necessariamente linear. Esta função está geralmente relacionada com:

**absorção, dispersão, emissão e polarização.**

- A **absorção** e **dispersão** dependem da composição (moléculas, partículas)
- A **emissão** depende da composição (superfície, atmosfera) e da temperatura
- A **polarização** depende das propriedades de dispersão das partículas, incluindo a dimensão, forma e sua orientação.

# 1. Introdução

O inverso da equação anterior é

$$\mathbf{Meio} = \mathbf{f}^{-1}(\mathbf{Sinal})$$

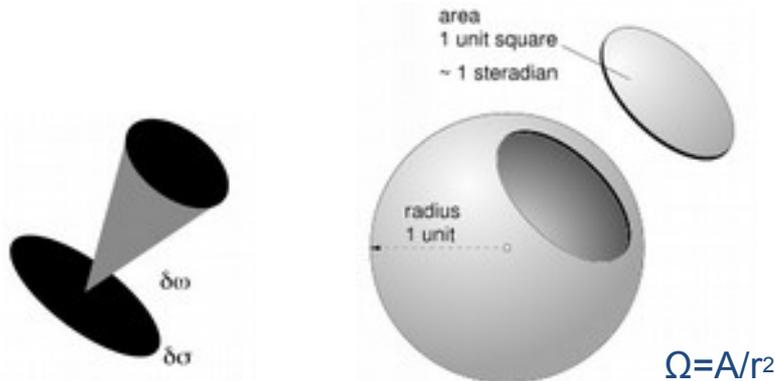
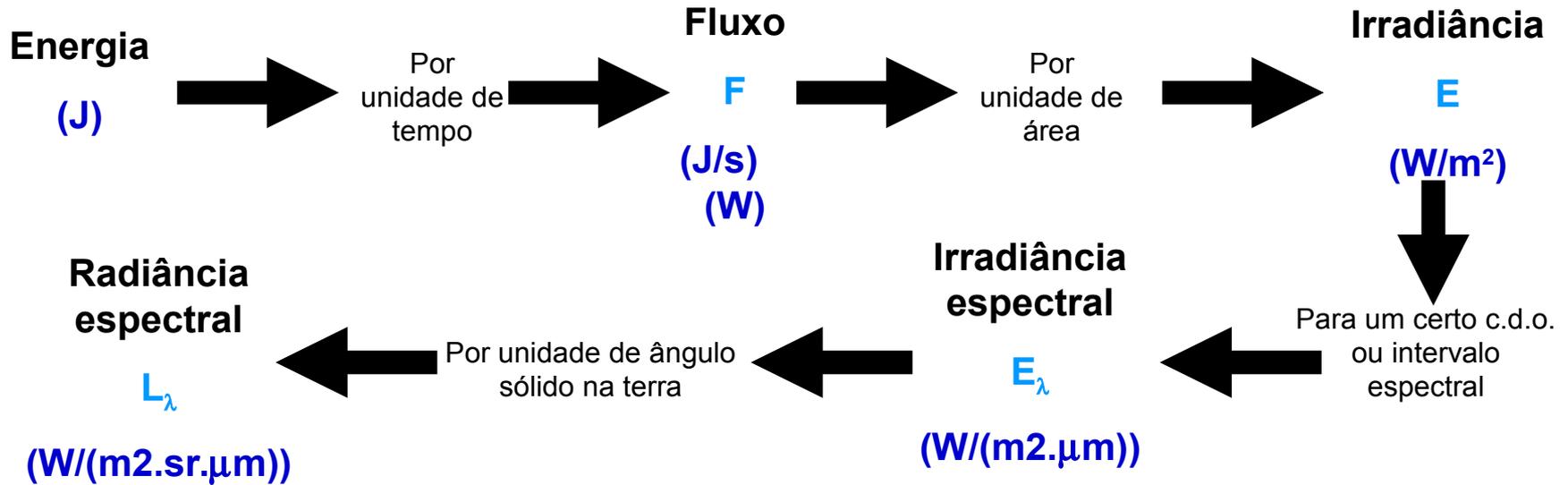
Onde  $\mathbf{f}^{-1}$  representa o inverso da função  $\mathbf{f}$ .

Um obstáculo fundamental no problema inverso em detecção remota é o facto de a solução não ser única.

*Principal razão:* O meio em investigação pode ser composto por uma grande variedade de parâmetros, cuja combinação física leva à mesma “assinatura” radiativa.

# 2. Fundamentos de Radiação

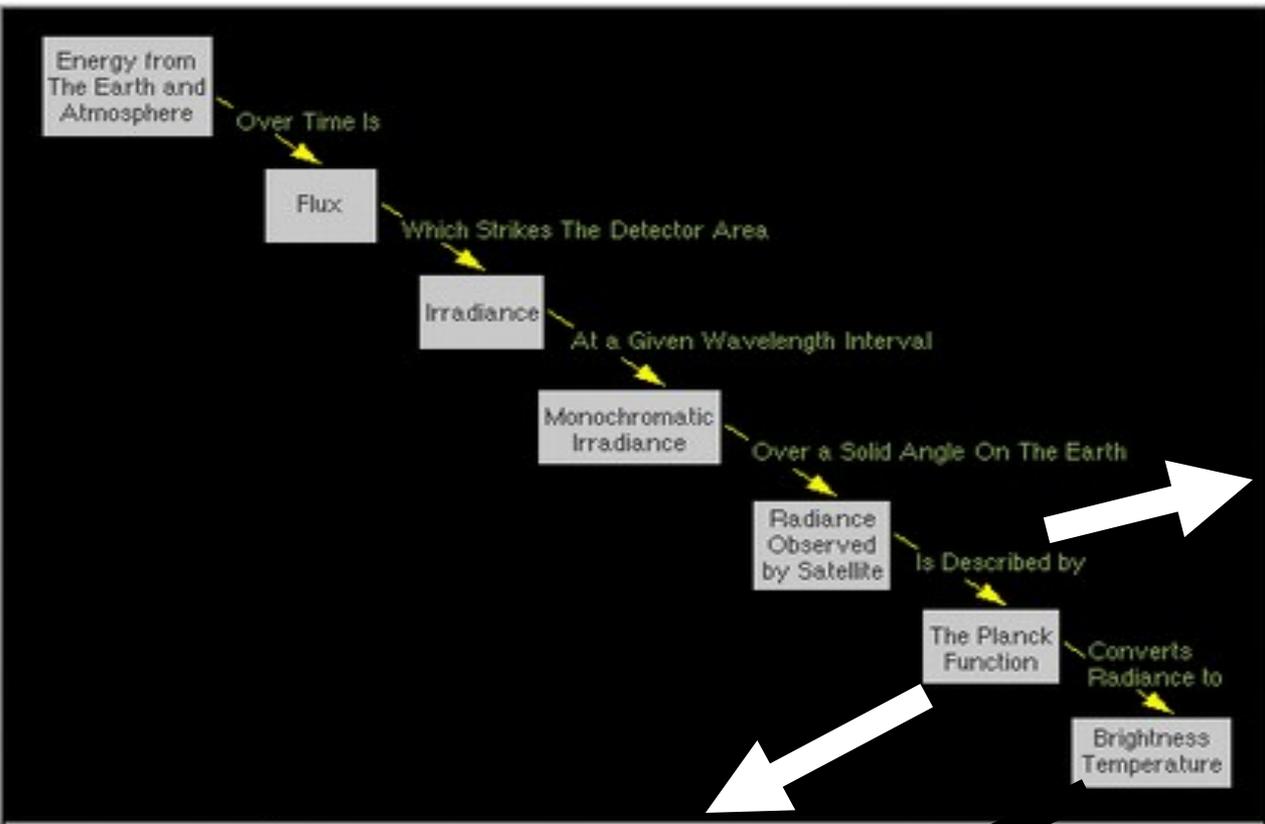
## Definições



O ângulo sólido é aquele que visto do centro de uma esfera, inclui uma dada área da superfície dessa esfera. O valor do ângulo sólido é numericamente igual a essa área a dividir pelo quadrado do raio da esfera. O sterradiano (sr) é a unidade SI do ângulo sólido.

# 2. Fundamentos de Radiação

## Definições



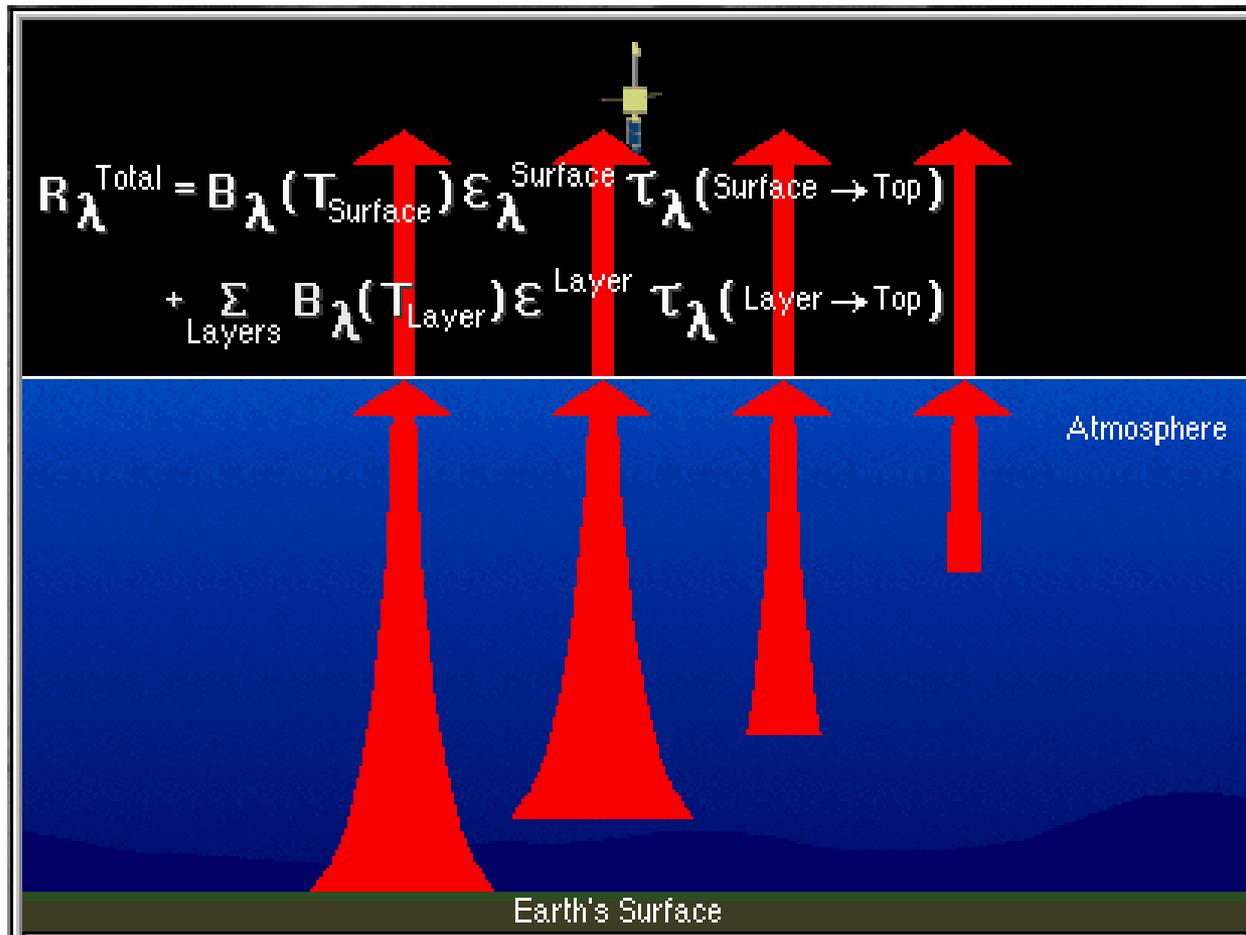
Caso da radiação de grande c.d.o.

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (e^{\frac{hc}{k\lambda T}} - 1)}$$

Inverso

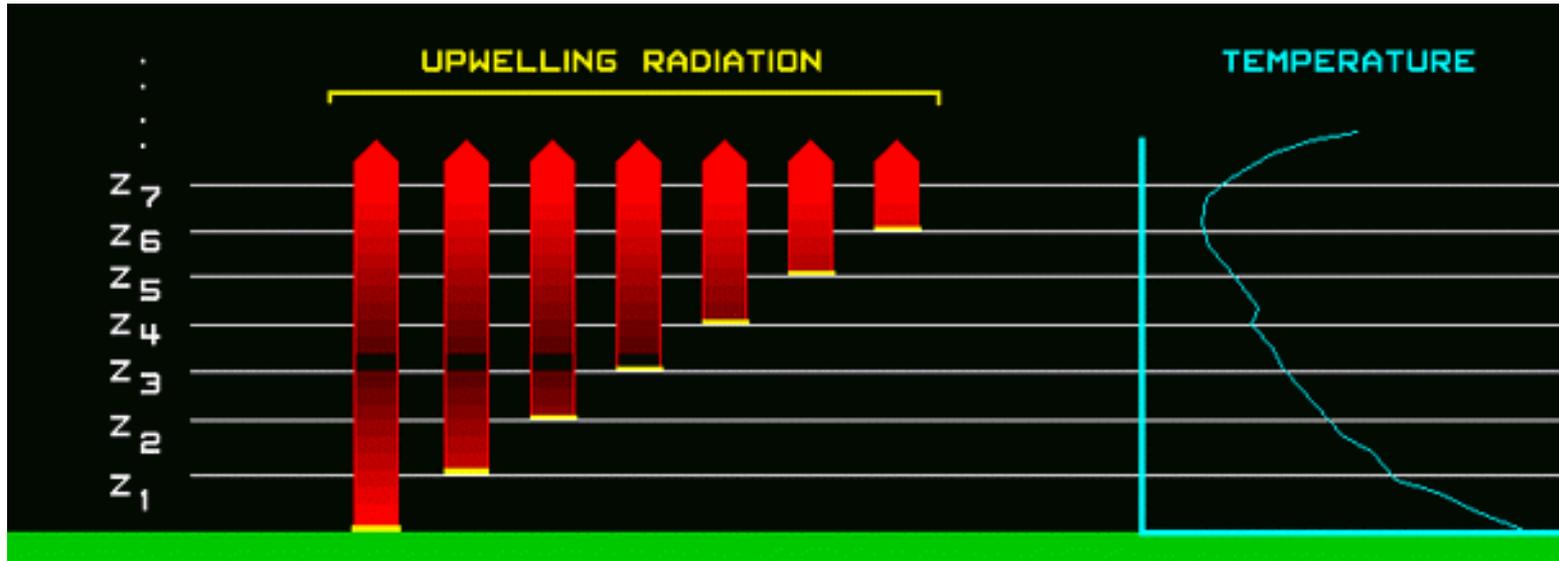
## 2. Fundamentos de Radiação

### Transferência radiativa na atmosfera



# 2. Fundamentos de Radiação

## Transferência radiativa na atmosfera



$$R(\mathbf{n}) = B(\mathbf{n}, T_0) \tau(\mathbf{n}, 0) + \int_{z_0}^{z_T} B(\mathbf{n}, T[z]) \left( \frac{d\tau[\mathbf{n}, z]}{dz} \right) dz$$

# 3. Plataformas e tipos de detecção remota

## **Detecção Remota Activa**

Utiliza geralmente uma fonte de radiação artificial - lasers (LIDAR) ou microondas (RADAR). Um feixe de radiação é emitido e o sinal obtido da retrodispersão é medido, embora seja possível ter o emissor e o receptor em locais diferentes.

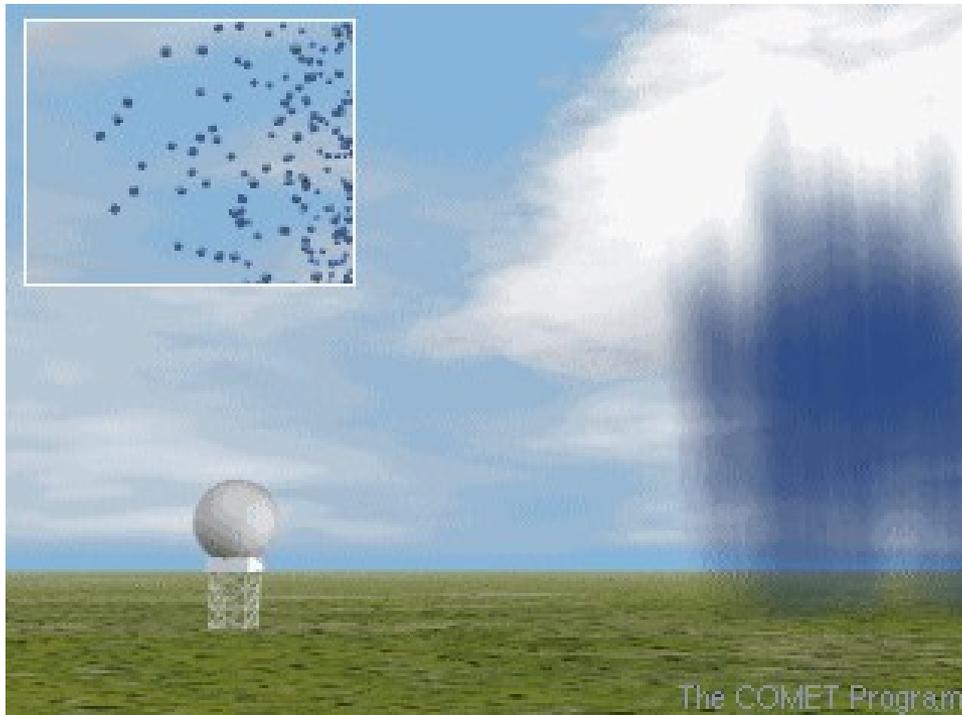
## **Detecção Remota Passiva**

Utiliza fontes de radiação natural, tais como o Sol ou a própria superfície da Terra ou a atmosfera

# 3. Plataformas e tipos de detecção remota

## Detecção Remota Activa: Plataforma - Superfície

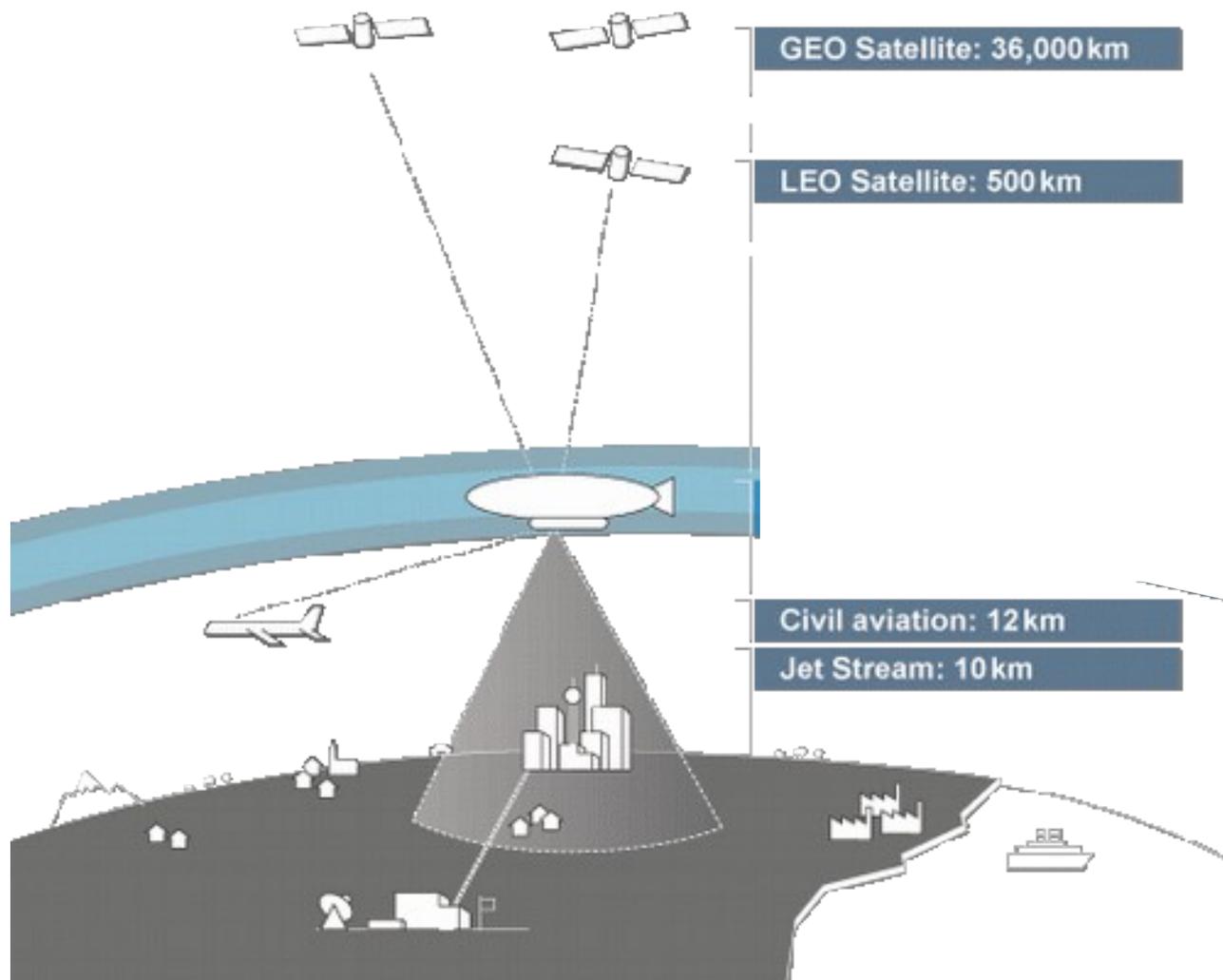
### Radar



#### **O RADAR emite energia electromagnética**

Os objectos (gotas de águas da chuva, partículas de gelo, neve, pássaros, insectos, o terreno, e os edifícios) reflectem essa energia. Parte da energia reflectida é recebida de novo pelo radar, sendo então processada e interpretada para determinar por exemplo se há precipitação.

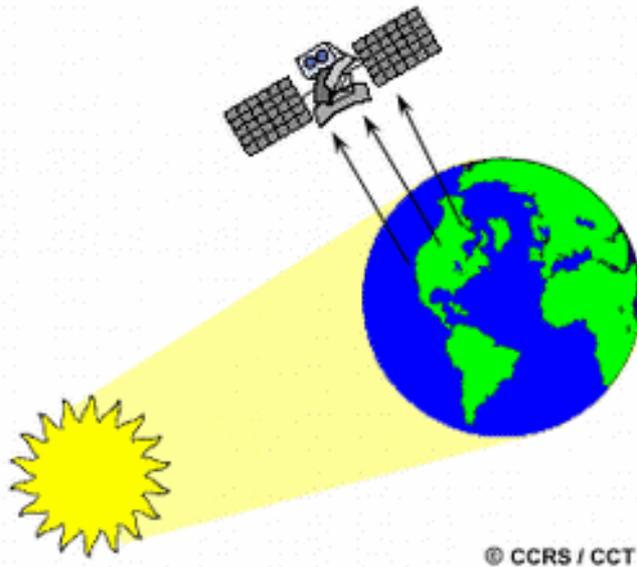
# 3. Plataformas e tipos de detecção remota



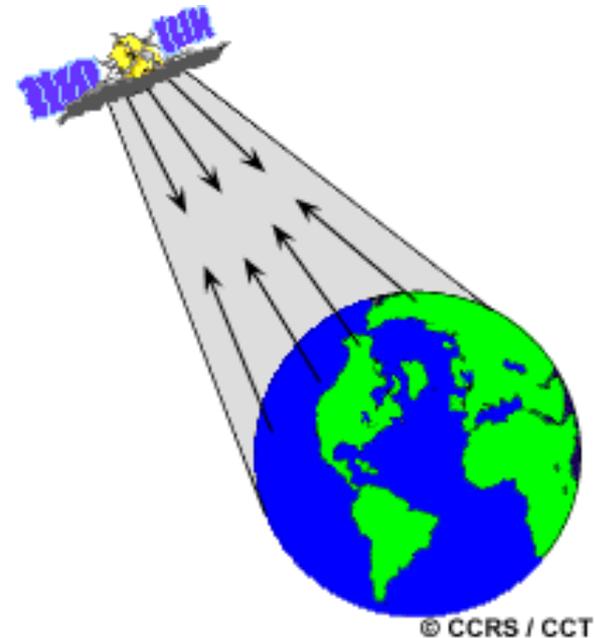
# 3. Plataformas e tipos de detecção remota

## Detecção Remota: Plataforma - Satélite

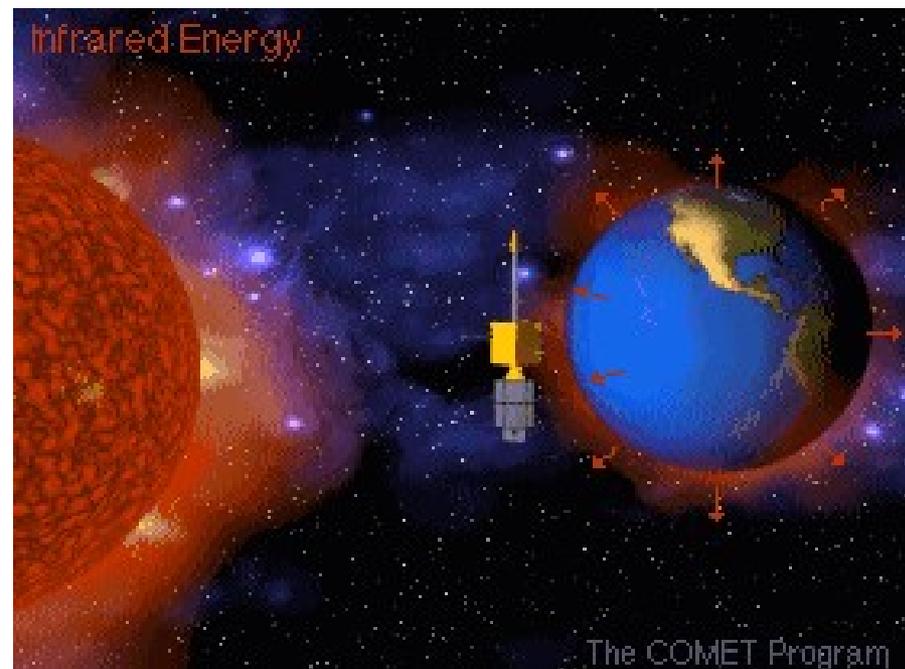
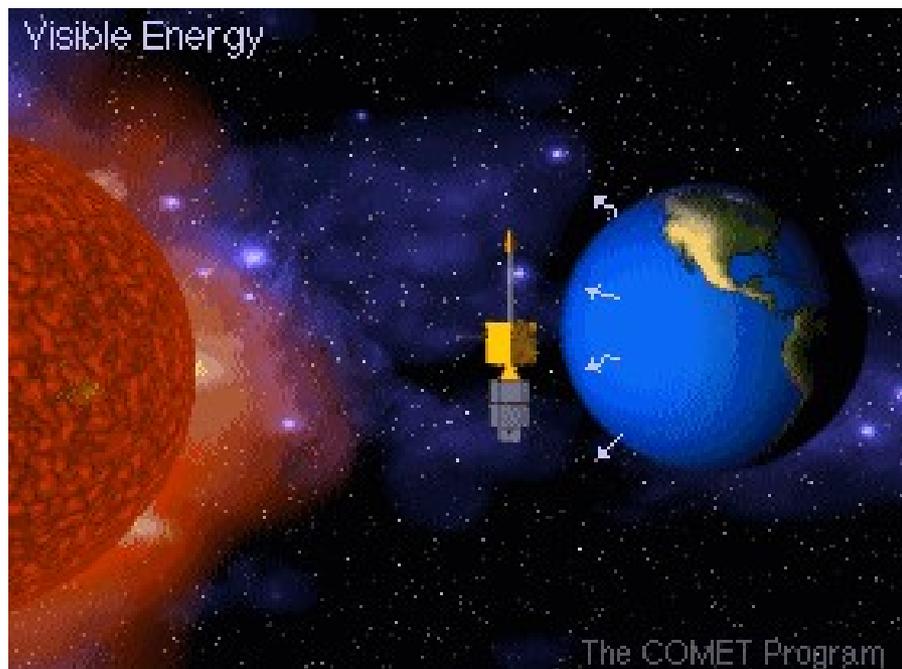
Passiva



Activa



# 3. Plataformas e tipos de detecção remota

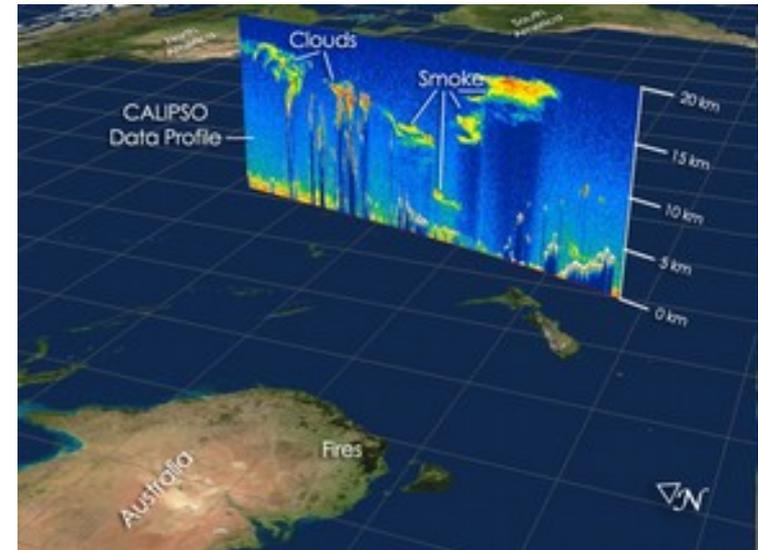
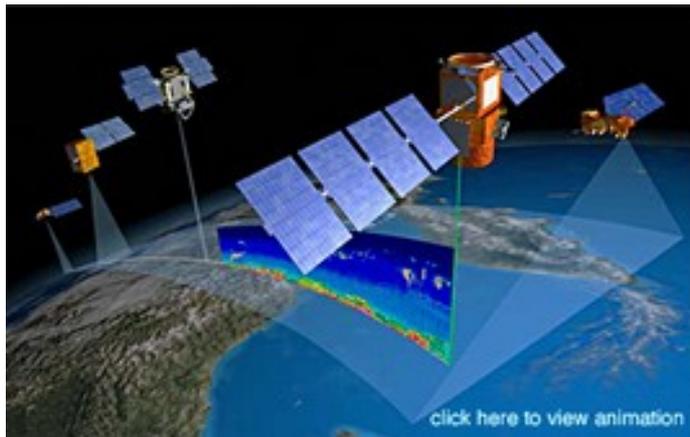
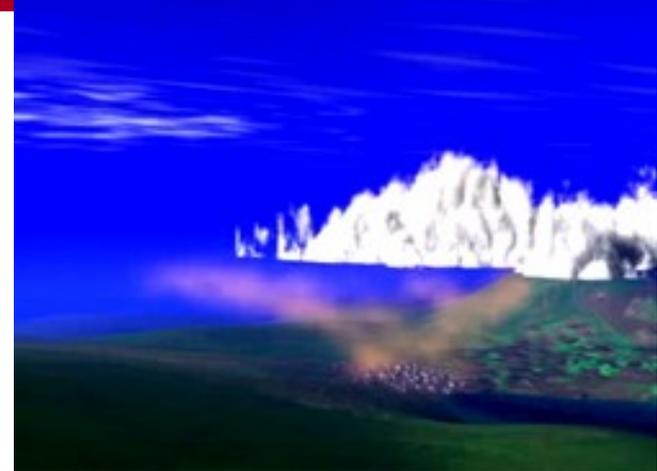


Os satélites meteorológicos detectam a energia **reflectida** (solar) e **emitida** pelo sistema Terra+Atmosfera.

A energia com grande cdo é emitida 24 horas por dia e portanto detectada pelos satélites continuamente.

As imagens do visível existem só durante as horas de luz solar.

# 3. Plataformas e tipos de detecção remota



Plataforma: Satélite (Calipso)

Detecção Remota Activa

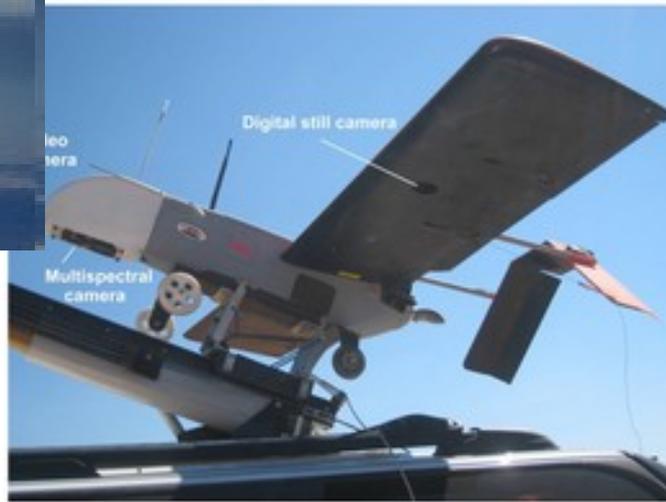
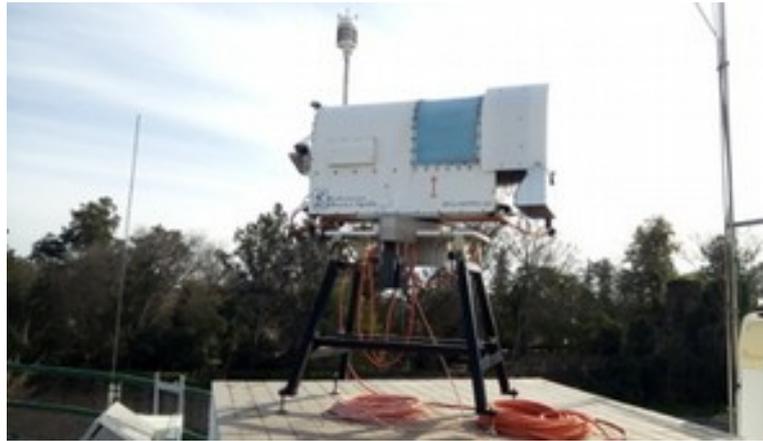
# 3. Plataformas e tipos de detecção remota



**Plataforma: Satélites (constelação)**

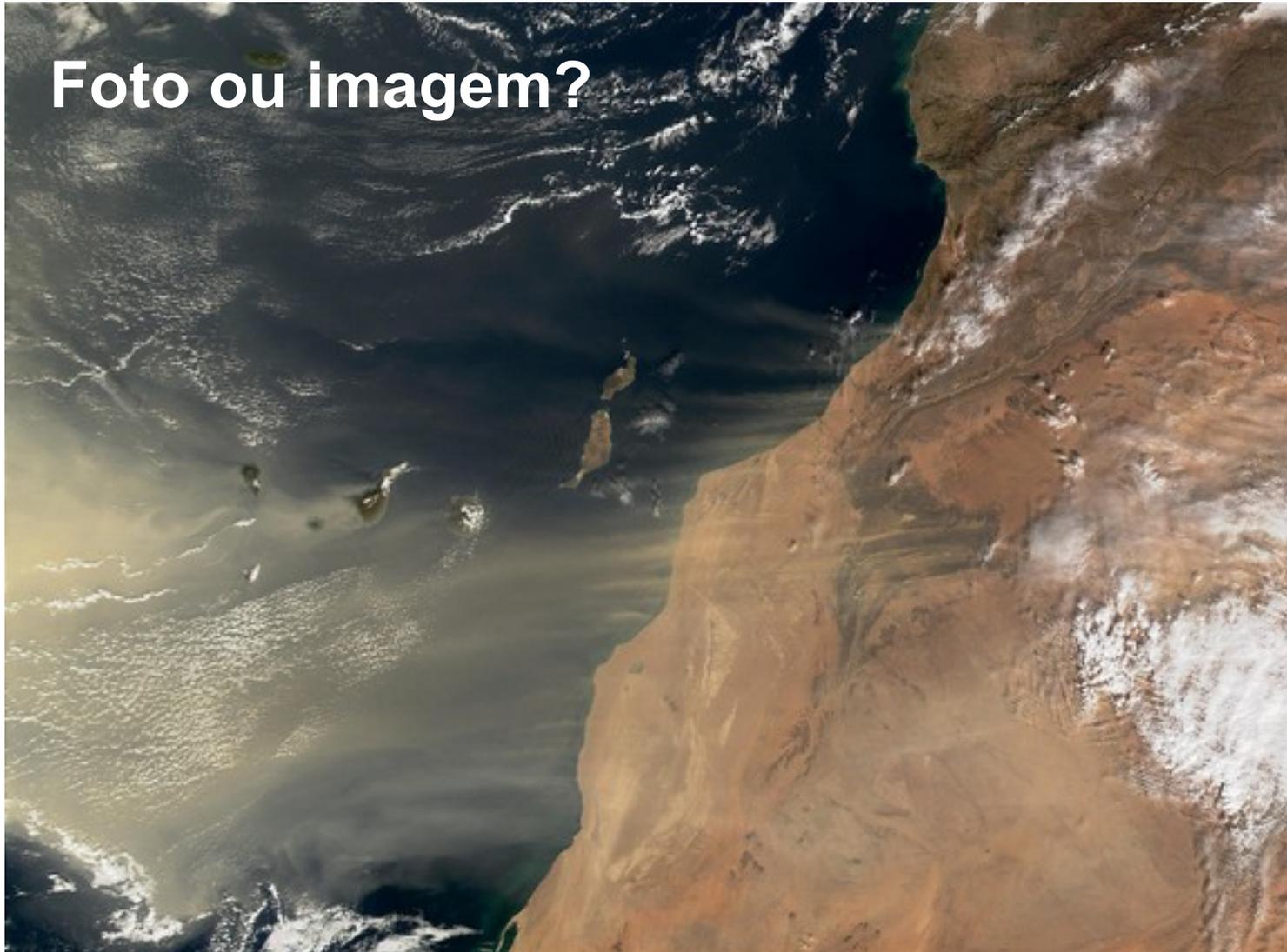
**Detecção Remota Passiva e Activa**

# 3. Plataformas e tipos de detecção remota



# 4. Detecção remota por satélites

Foto ou imagem?



# 4. Detecção remota por satélites

Foto ou imagem?



# 4. Detecção remota por satélites

Foto ou imagem?

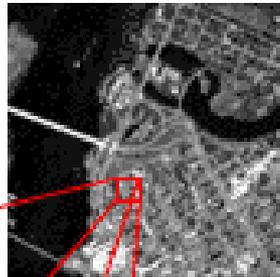


# 4. Detecção remota por satélites

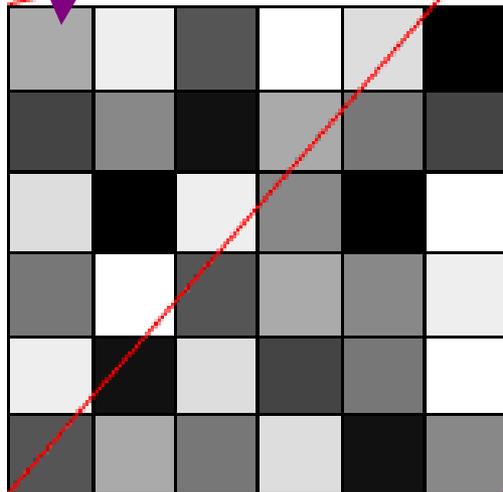
A energia electromagnética pode ser detectada fotograficamente ou electronicamente.

Fotografias: 0.3 – 0.9  $\mu\text{m}$

Imagens: não só nos c.d.o. do visível



Pixel



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

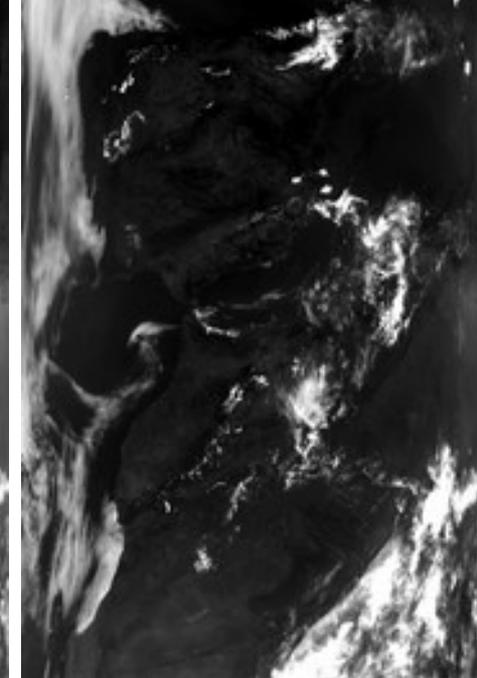
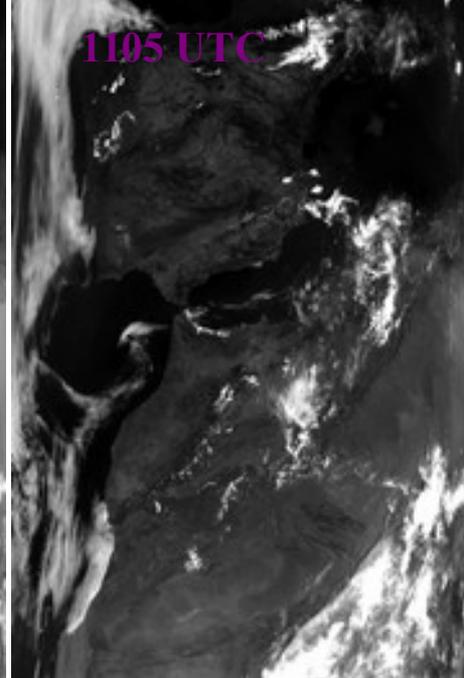
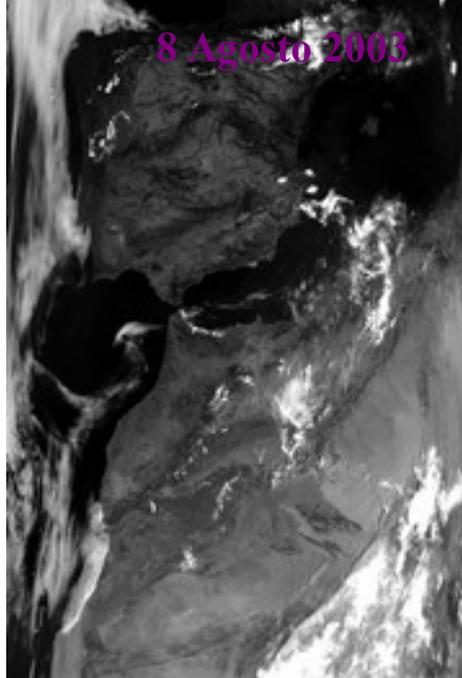
Contagens digitais



# 4. Detecção remota por satélites

A maior parte dos instrumentos de detecção remota mede a radiação em pequenas bandas do espectro electromagnético. A informação de várias bandas espectrais pode ser combinada numa única imagem usando três cores primárias - Vermelho, Verde e Azul (RGB – Red Green Blue). As medidas de cada banda espectral são representadas como uma das cores primárias e, dependendo do valor da contagem digital de cada pixel em cada banda (ou canal), as cores primárias combinam-se em diferentes proporções para representarem cores diferentes.





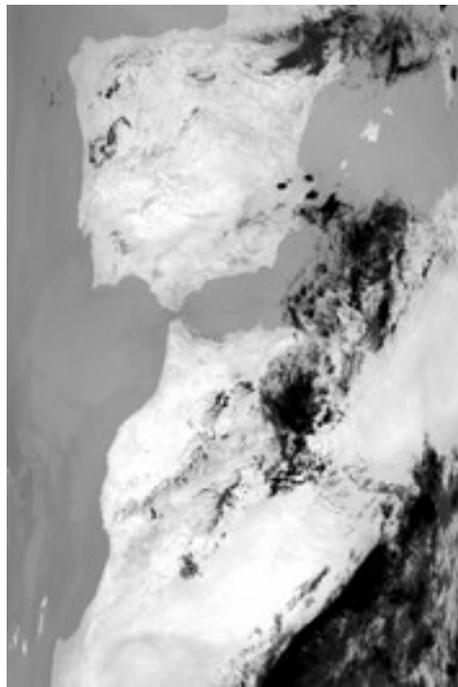
Canal 1: 620 – 670 nm    Canal 4: 545 – 565 nm    Canal 3: 459 – 479 nm



•Vermelho (R): 620 – 670 nm

•Verde (G): 545 - 565 nm

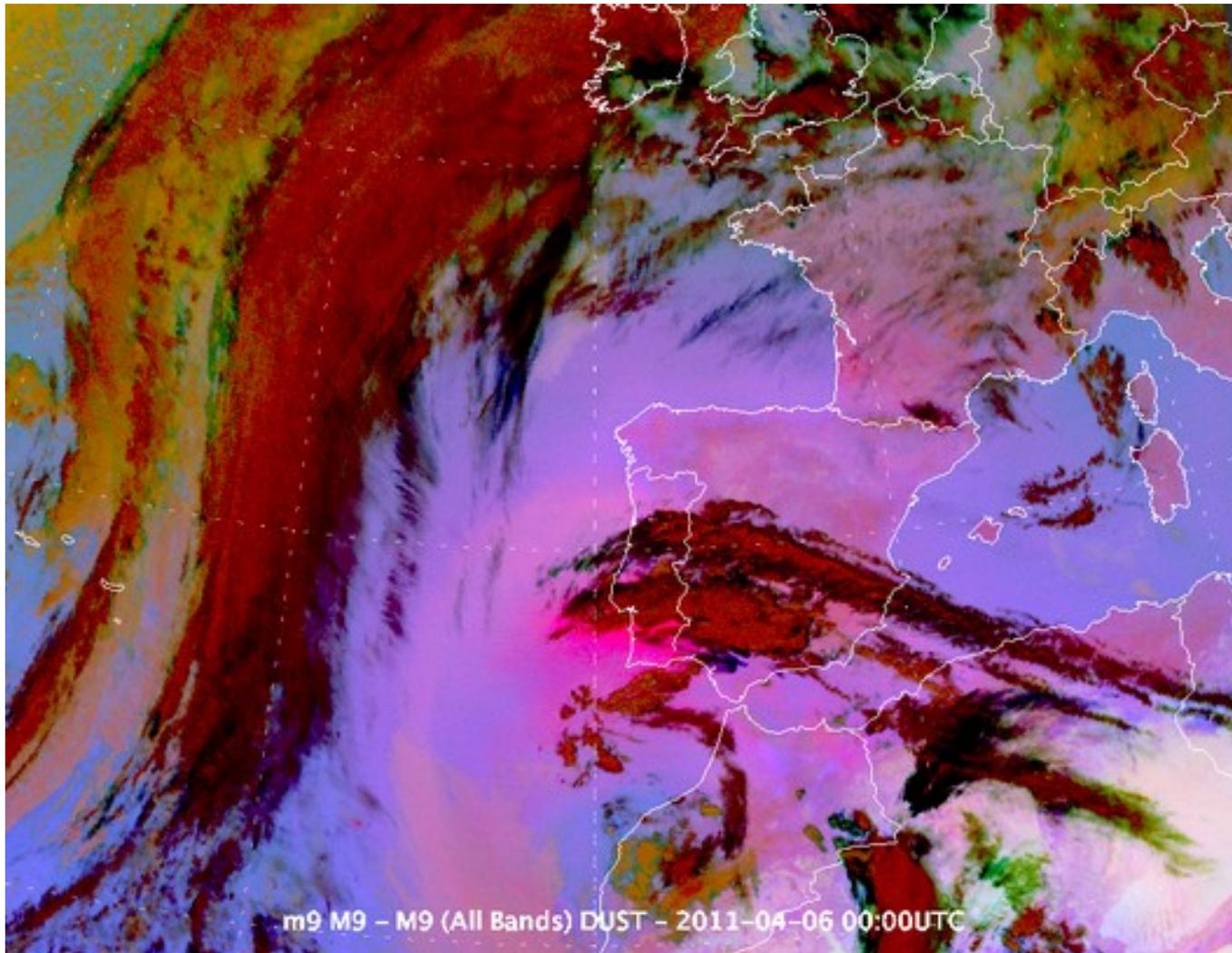
•Azul (B): 459 - 479 nm



Canal 31: 10.780 – 11.280 nm

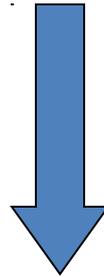
IV térmico

# 4. Detecção remota por satélites



# 4. Detecção remota por satélites

**O sensor mede uma contagem digital**



**Equação de CALIBRAÇÃO**

Radiancia / Reflectancia

**Visível**

Radiancia / Temperatura

**Infravermelho**

# 4. Detecção remota por satélites

## Equações de calibração

### VIS

$$R = \alpha ( C_{nt} - C_{espaço} )$$

onde:

- $R$  = Radiância
- $\alpha$  = Coeficiente de calibração
- $C_{nt}$  = Contagem digital (0-255)
- $C_{espaço}$  = Contagem do espaço

### IR e WV

$$R_{bb} = \alpha_{bb} ( C_{bb} - C_{espaço} )$$

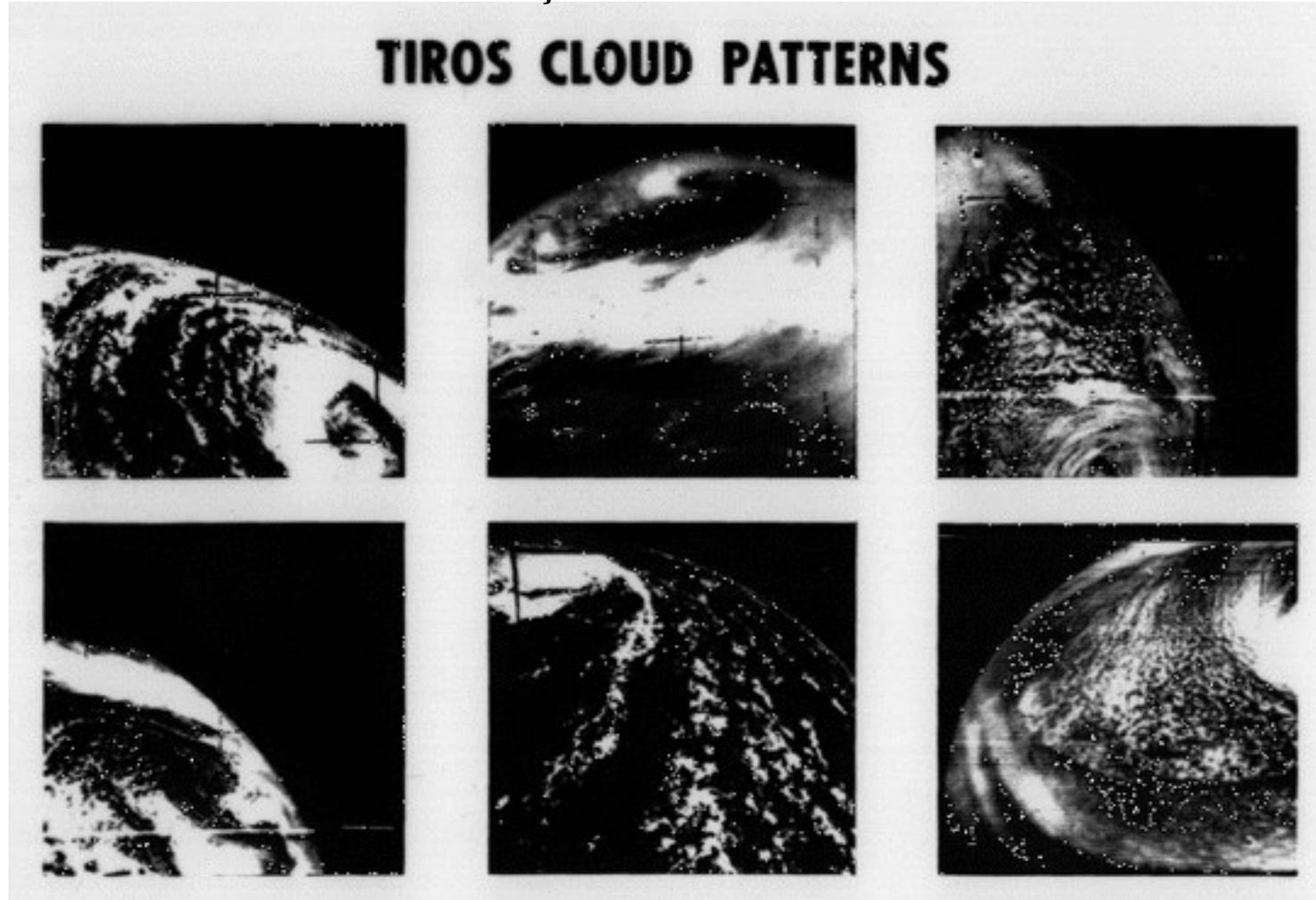
onde:

- $R_{bb}$  = Radiância
- $\alpha_{bb}$  = Coeficiente de calibração
- $C_{bb}$  = Contagem digital (0-255)
- $C_{espaço}$  = Contagem do espaço

# 4. Detecção remota por satélites

Lançado: 1 Abril 1960

## TIROS CLOUD PATTERNS

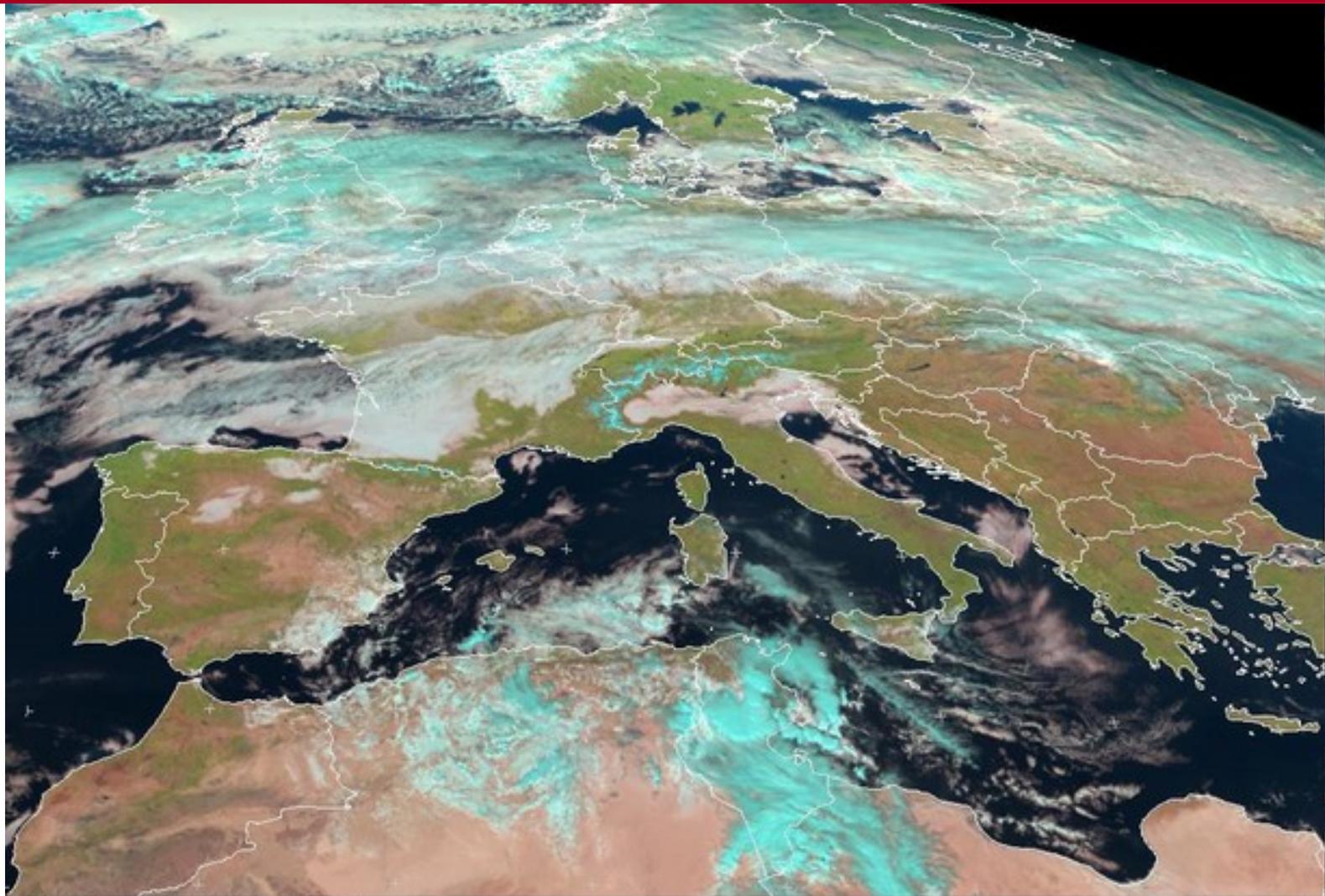


# 4. Detecção remota por satélites



SeaWiFS image captured on September 10, 2001 during its pass over southwestern Europe shows smoke coming from Portugal, Spain, and northwestern Italy.

# 4. Detecção remota por satélites



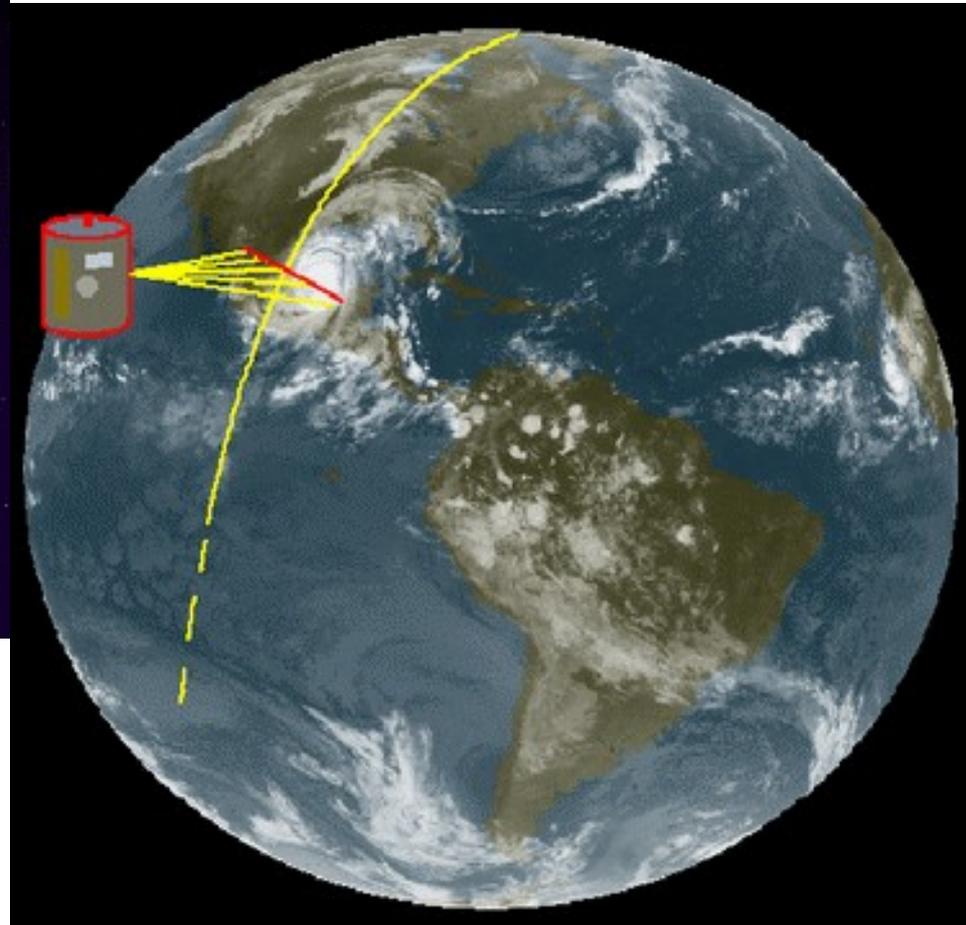
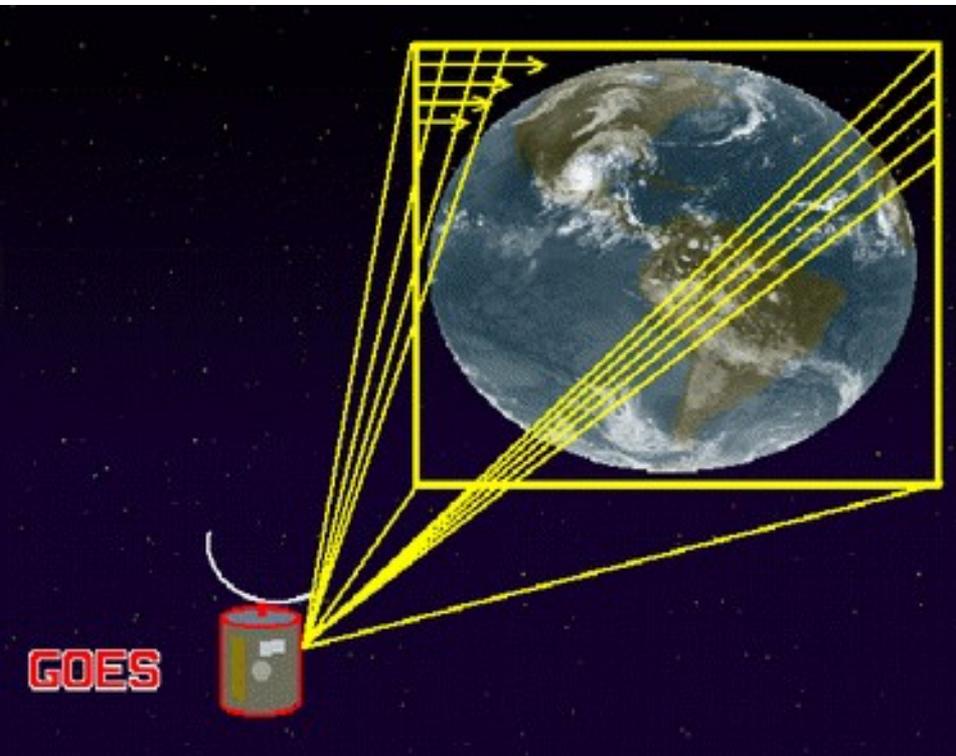
NET9 RGB-3-2-1 2010-11-05 12:00 UTC

EUMETSAT

# 4. Detecção remota por satélites

## Geometrias de observação

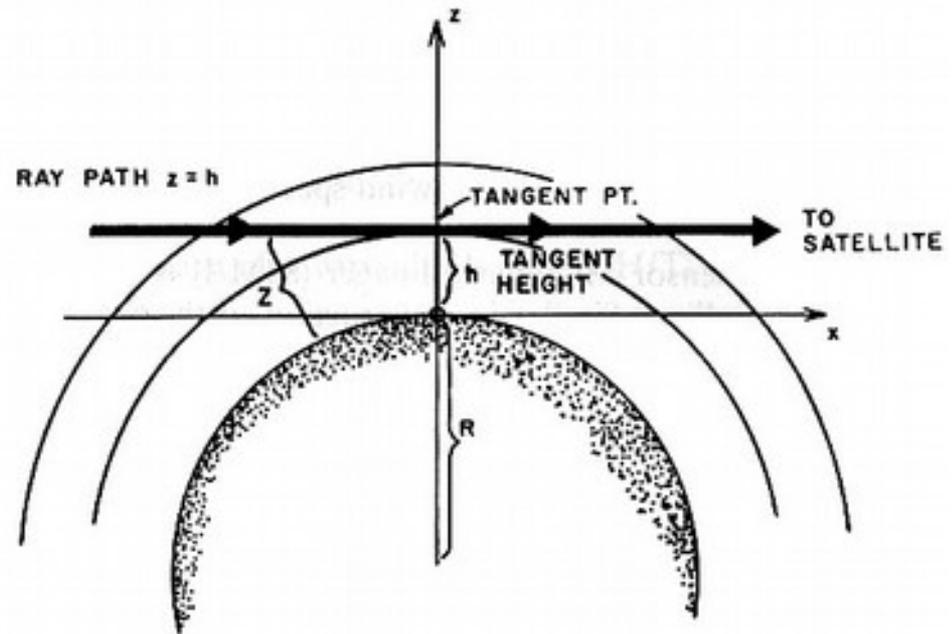
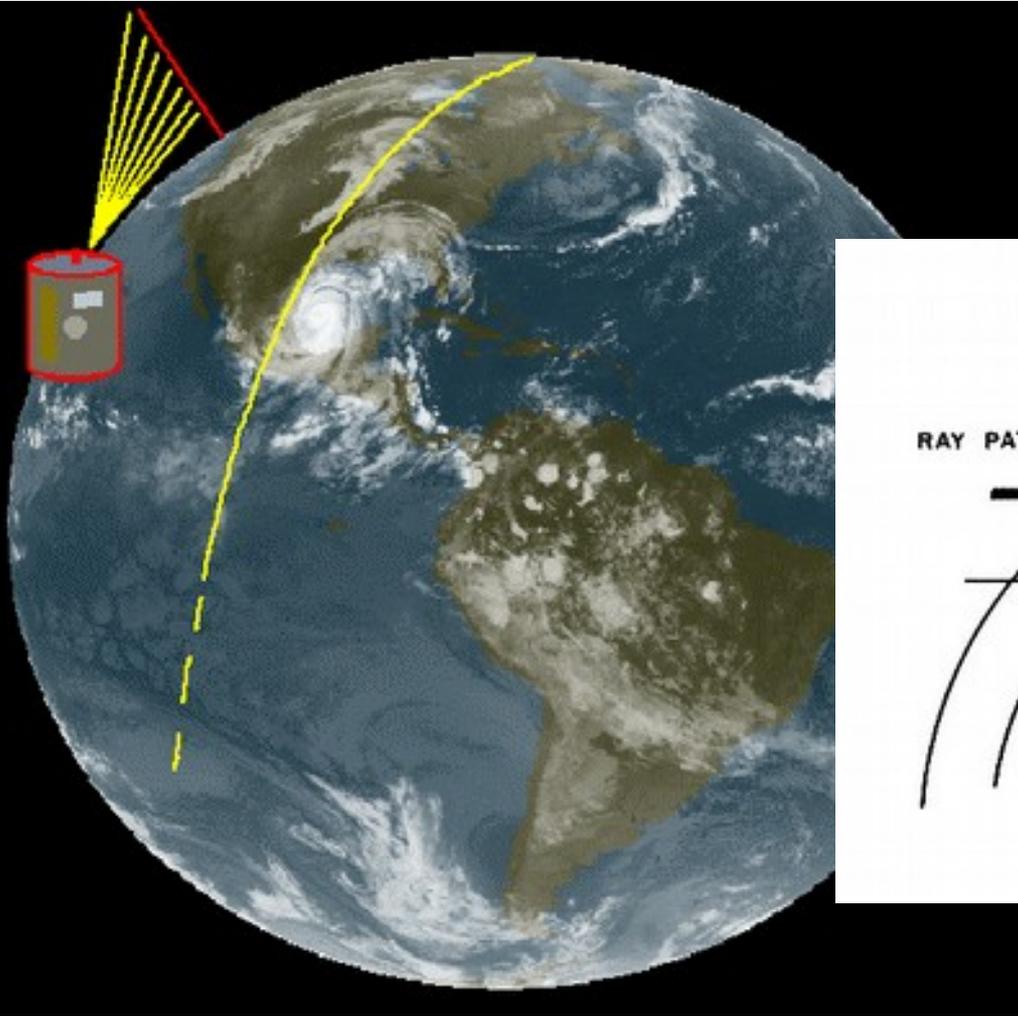
# 4. Detecção remota por satélites



## NADIR

# 4. Detecção remota por satélites

## LIMB



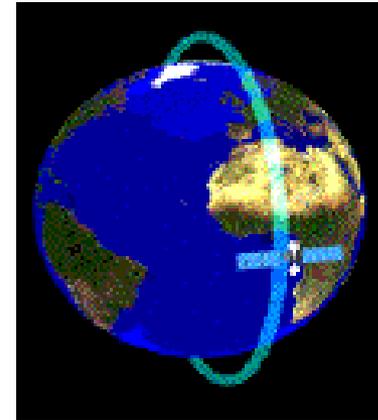
# 4. Detecção remota por satélites

## Órbitas

# 4. Detecção remota por satélites

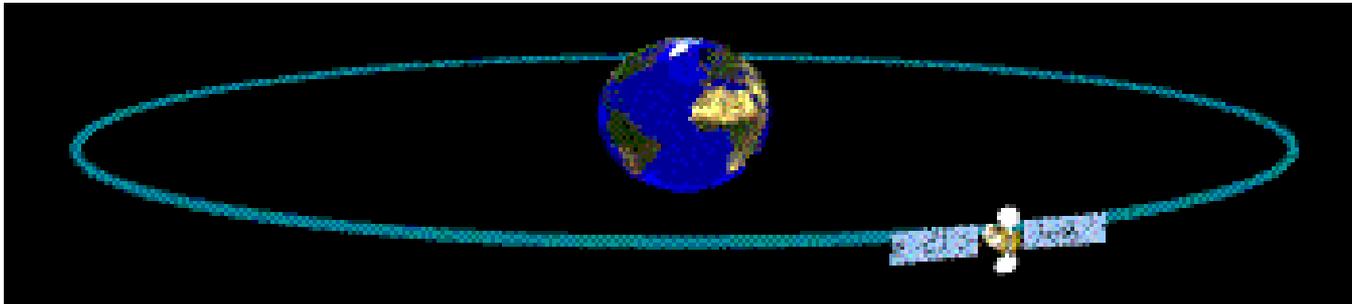
Os **satélites de órbita baixa (LEO)** encontram-se a uma altitude relativamente baixa de cerca de 800 Km acima da superfície da Terra, o que permite obter uma boa resolução espacial do sistema Terra+Atmosfera. A volta completa da Terra é feita em cerca de 90 minutos.

Vários satélites usados na investigação ambiental utilizam este tipo de órbita.



Os **satélites de órbita geoestacionária (GEO)** parecem encontrar-se sempre na mesma posição relativamente à superfície da Terra. A sua órbita é circular e a inclinação de  $0^\circ$  (encontram-se sobre o equador). A sua altitude é de cerca de 36 000 Km e viajam a uma velocidade de 3 Km/s. O período orbital é de 24 horas tal como a rotação da Terra.

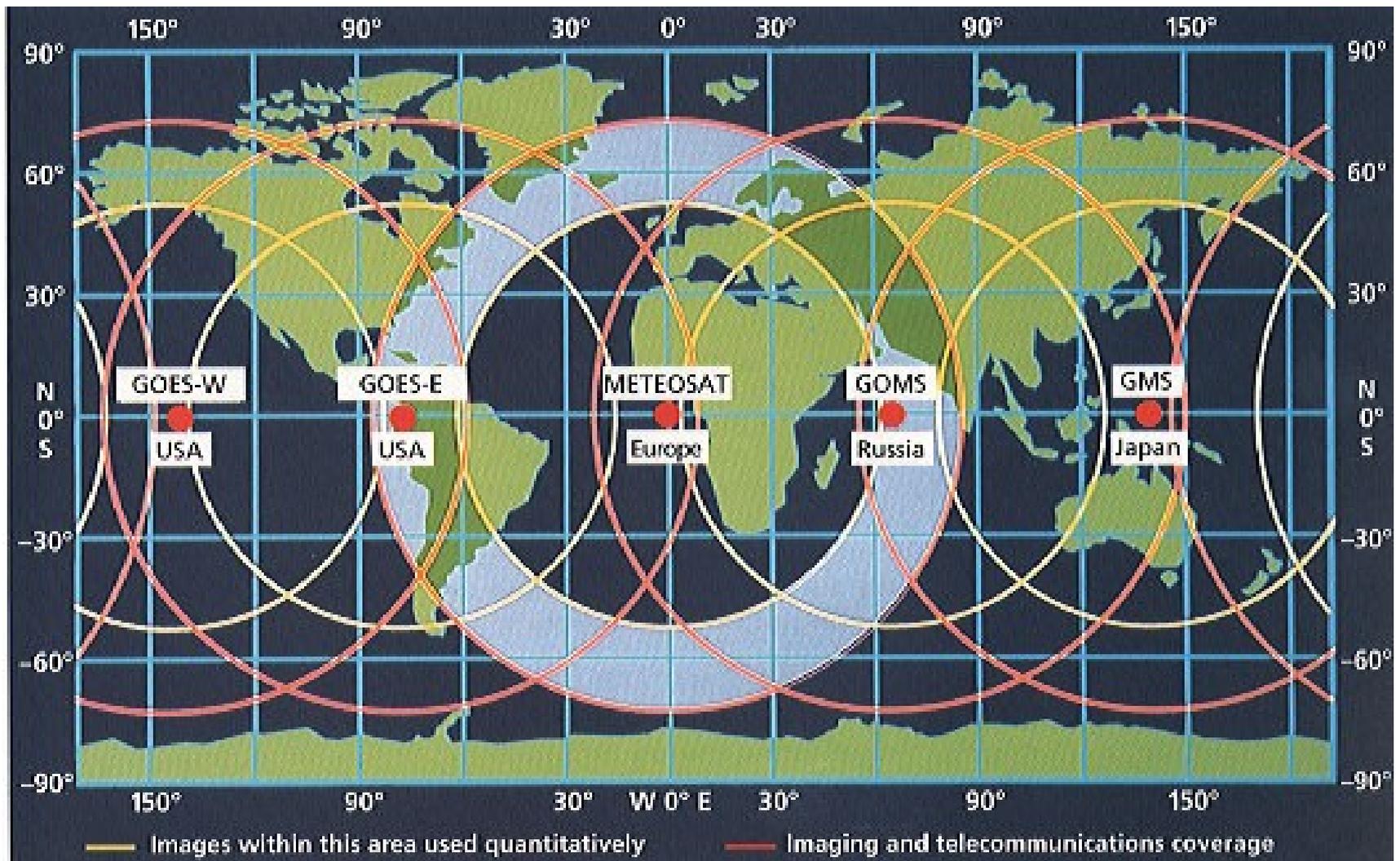
Vários satélites meteorológicos e de telecomunicações utilizam este tipo de órbita.



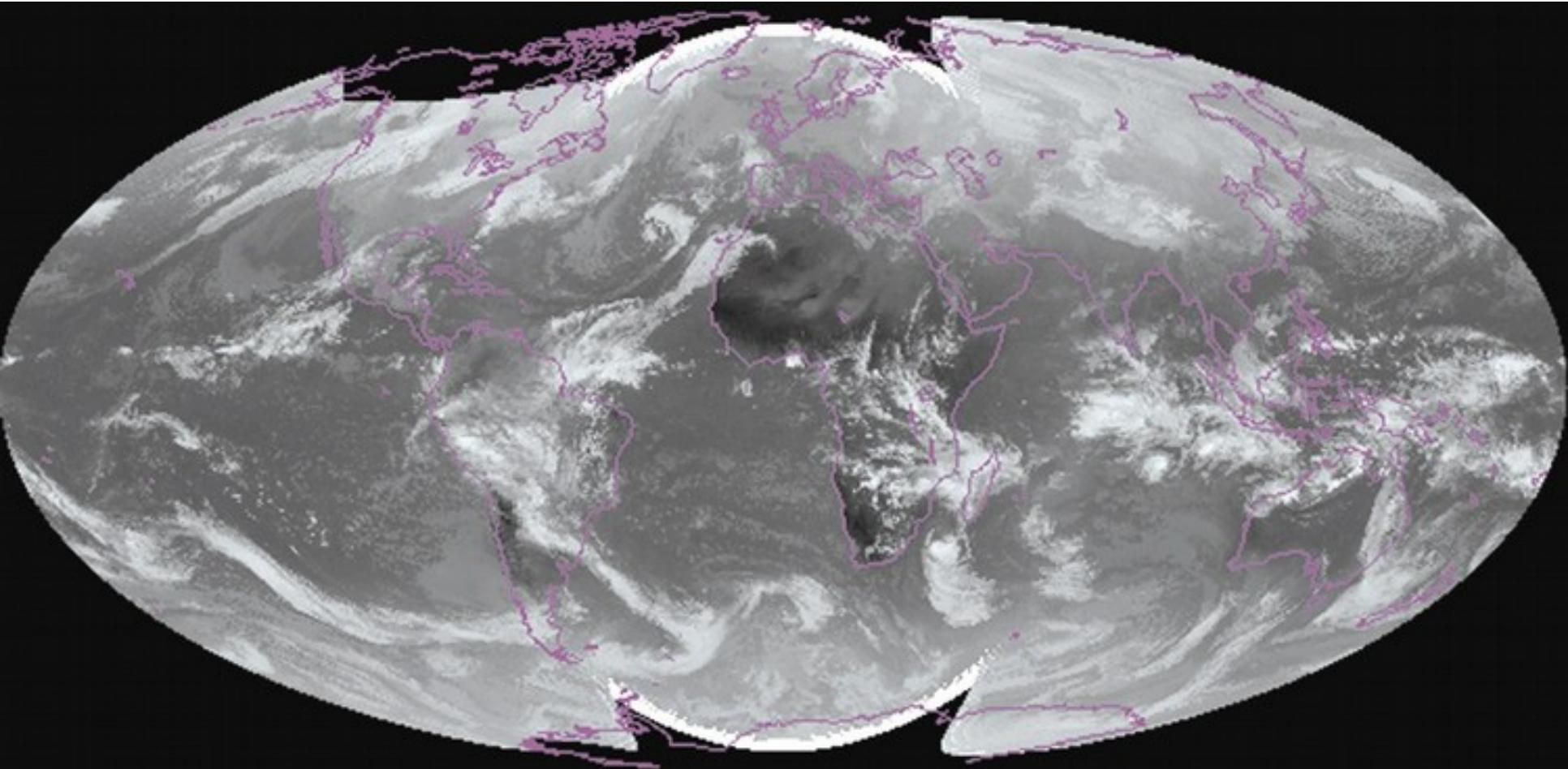
# 4. Detecção remota por satélites

## Satélites de órbita GEO

# 4. Detecção remota por satélites



# 4. Detecção remota por satélites

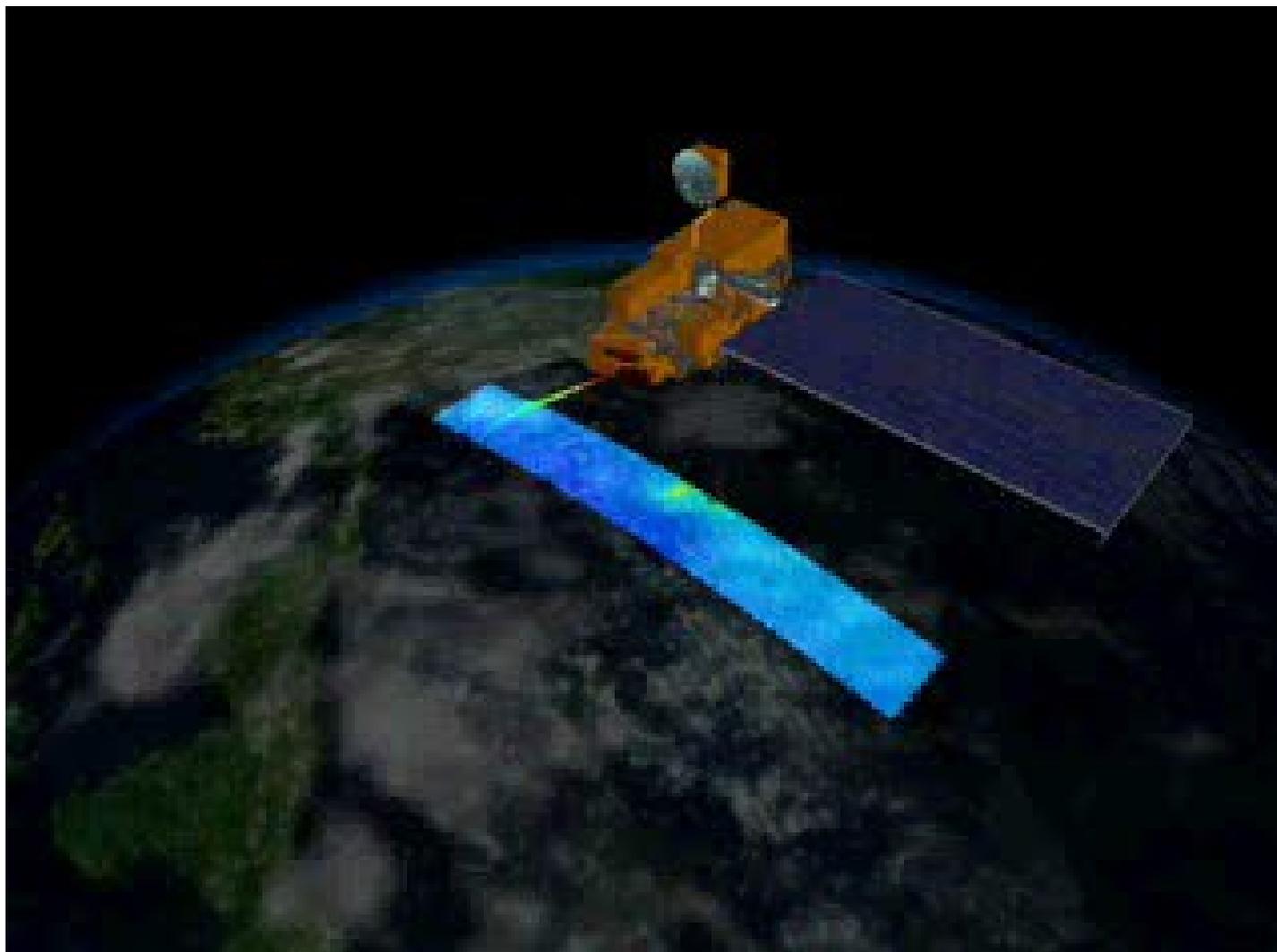


INFRARED COMPOSITE FROM 30 JAN 97 AT 15:00 UTC (SSEC:UW-MADISON)

# 4. Detecção remota por satélites

## Satélites de órbita LEO

# 4. Detecção remota por satélites

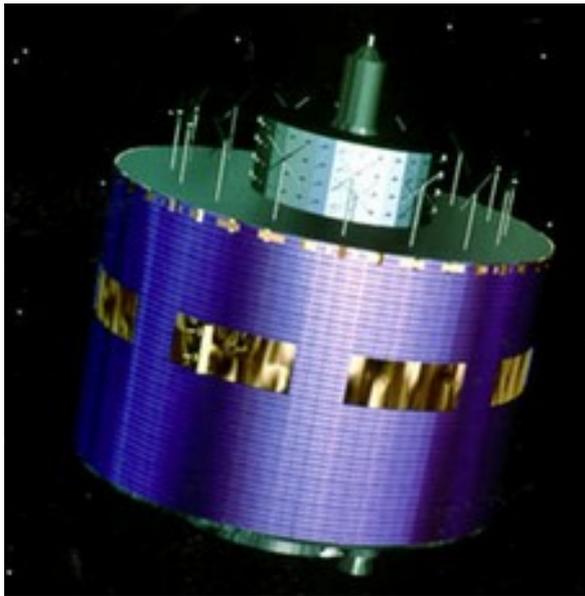


# 4. Detecção remota por satélites

## Satélites: Algumas características

# 4. Detecção remota por satélites

## MSG-1: Meteosat-8 →



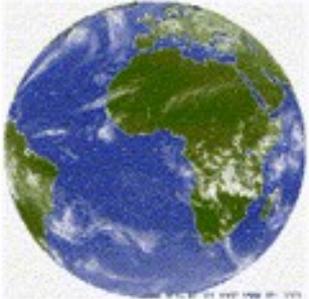
**Diâmetro:** 3.7 m

**Altura:** 2.4 m

**Velocidade Angular:** 100 rpm

**SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager)**  
**GERB (Geostationary Earth Radiation Budget experiment).**

# 4. Detecção remota por satélites

MSG	Launch Date	Nominal Position	Instrument	Image Frequency	Disk Image Coverage (copyright 2003 EUMETSAT)	Nominal Spectral Channels ( $\mu\text{m}$ )		Spectral resolution	Number of detectors	Nadir Pixel Size ( $\text{km}^2$ )
<b>METEOSAT-8, 9...</b>	28 August 2002	0°*	SEVIRI	15 minutes		VIS 0.6	0.56 - 0.71	Broadband	3	3.0 x 3.0
						VIS 0.8	0.74 - 0.88		3	3.0 x 3.0
						IR 1.6	1.50 - 1.78		3	3.0 x 3.0
						IR 3.9	3.48 - 4.36		3	3.0 x 3.0
						IR 8.7	8.30 - 9.10		3	3.0 x 3.0
						WV 6.2	5.35 - 7.15		3	3.0 x 3.0
						WV 7.3	6.85 - 7.85		3	3.0 x 3.0
						IR 9.7	9.38 - 9.94		3	3.0 x 3.0
						IR 10.8	9.80 - 11.80		3	3.0 x 3.0
						IR 12.0	11.00 - 13.00		3	3.0 x 3.0
						IR 13.4	12.40 - 14.40		3	3.0 x 3.0

# 4. Detecção remota por satélites

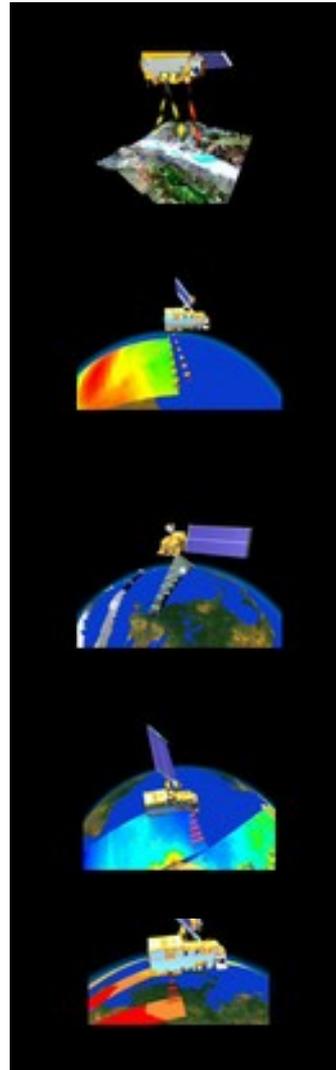
**Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)**

**Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) (two identical scanners)**

**Multi-angle Imaging Spectroradiometer (MISR)**

**Moderate Resolution Spectroradiometer (MODIS)**

**Measurements of Pollution in the Troposphere (MOPITT)**



## Terra



# 4. Detecção remota por satélites

## MODIS nos satélites Terra e Aqua

MODIS Spectral Bands¶			
Spectral Resolution: Broadbands			
Reflected Radiation		Emitted Radiation	
Pixel: 250 x 250 m <sup>28</sup>	Pixel: 500 x 500 m <sup>28</sup>	Pixel: 1 x 1 km <sup>28</sup>	Pixel: 1 x 1 km <sup>28</sup>
1 (620-670 nm) <sup>⊙</sup>	3 (459-479 nm) <sup>⊙</sup>	8 (405-420 nm) <sup>⊙</sup>	20 (3.660-3.840 μm) <sup>⊙</sup>
2 (841-876 nm) <sup>⊙</sup>	4 (545-565 nm) <sup>⊙</sup>	9 (438-448 nm) <sup>⊙</sup>	21 (3.929-3.989 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	5 (1230-1250 nm) <sup>⊙</sup>	10 (483-493 nm) <sup>⊙</sup>	22 (3.939-3.989 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	6 (1628-1652 nm) <sup>⊙</sup>	11 (526-536 nm) <sup>⊙</sup>	23 (4.020-4.080 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	7 (2105-2155 nm) <sup>⊙</sup>	12 (546-556 nm) <sup>⊙</sup>	24 (4.433-4.498 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	13 (662-672 nm) <sup>⊙</sup>	25 (4.482-4.549 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	14 (673-683 nm) <sup>⊙</sup>	27 (6.535-6.895 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	15 (743-753 nm) <sup>⊙</sup>	28 (7.175-7.475 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	16 (862-877 nm) <sup>⊙</sup>	29 (8.400-8.700 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	17 (890-920 nm) <sup>⊙</sup>	30 (9.580-9.880 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	18 (931-941 nm) <sup>⊙</sup>	31 (10.780-11.280 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	19 (915-965 nm) <sup>⊙</sup>	32 (11.770-12.270 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	26 (1.360-1.390 μm) <sup>⊙</sup>	33 (13.185-13.485 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	⊙	34 (13.485-13.785 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	⊙	35 (13.785-14.085 μm) <sup>⊙</sup>
⊙	⊙	⊙	36 (14.085-14.385 μm) <sup>⊙</sup>

# 4. Detecção remota por satélites

## Exemplos de Aplicações

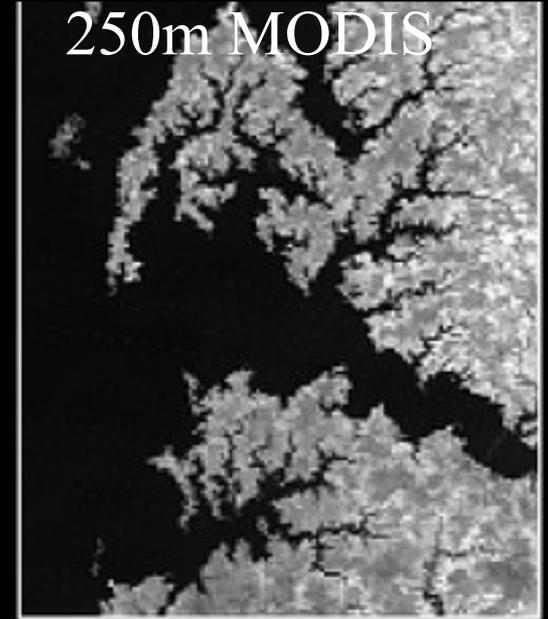
Importância das resoluções espacial,  
temporal e espectral

# Comparação de diferentes resoluções espaciais

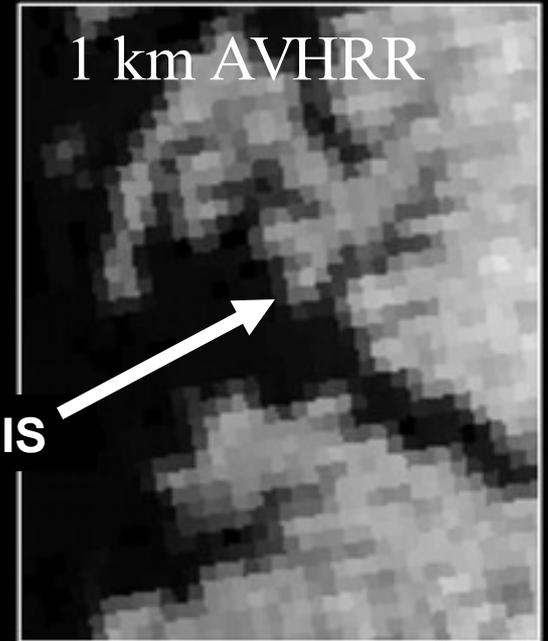
MODIS



250m MODIS



1 km AVHRR



PIXEIS

30 minute interval

15 minute interval

0001 G-9 IMG 01 6 SEP 95249 12

0001 G-9 IMG 01 6 SEP 95249 12

5 minute interval

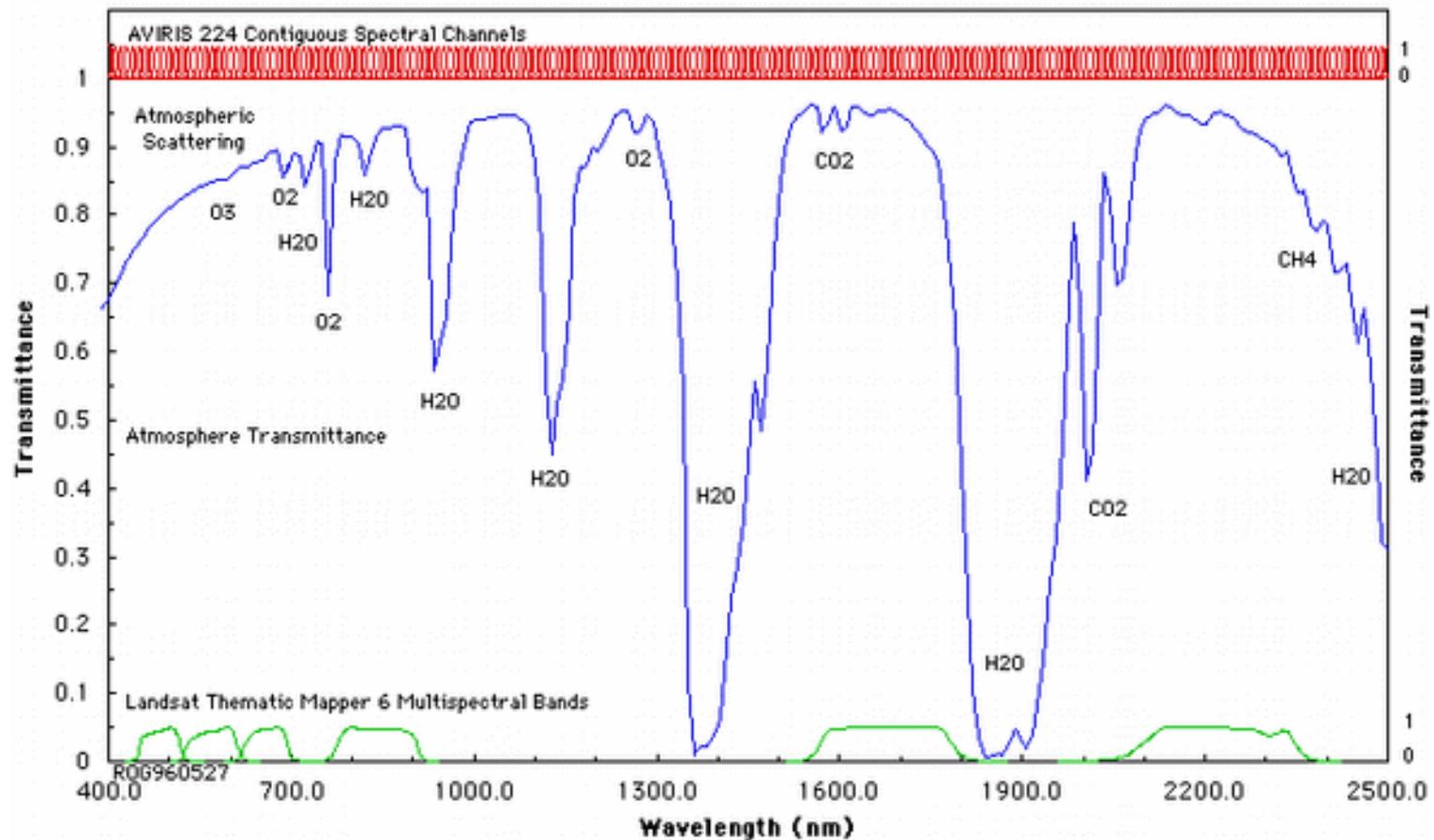
1 minute interval

0001 G-9 IMG 01 6 SEP 95249 12

0001 G-9 IMG 01 6 SEP 95249 12

# 4. Detecção remota por satélites

Measurements in the Solar Reflected Spectrum across the region covered by AVIRIS (Airborne Visible/InfraRed Imaging Spectrometer)



# 4. Detecção remota por satélites

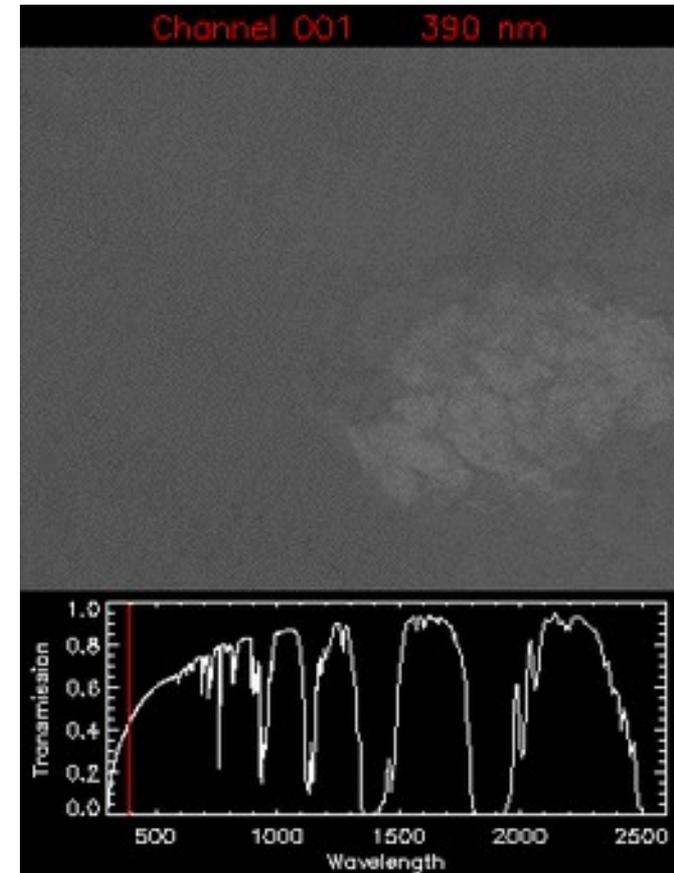
## AVIRIS – Airborne Visible/InfraRed Imaging Spectrometer

Imagem AVIRIS – Linden, Califórnia, EUA

20 Agosto 1992

224 Bandas Espectrais: 0.4 – 2.5  $\mu\text{m}$

Pixel 20m x 20m Área: 10Km x 10Km



Acima de 0.72  $\mu\text{m}$  distinguem-se melhor as áreas com vegetação  
Acima de 1.0  $\mu\text{m}$  a nuvem de fumo mais baixa torna-se mais transparente  
O incêndio à superfície torna-se mais evidente à medida que aumenta o c.d.o. pois a emissão térmica torna-se mais importante que a componente solar.

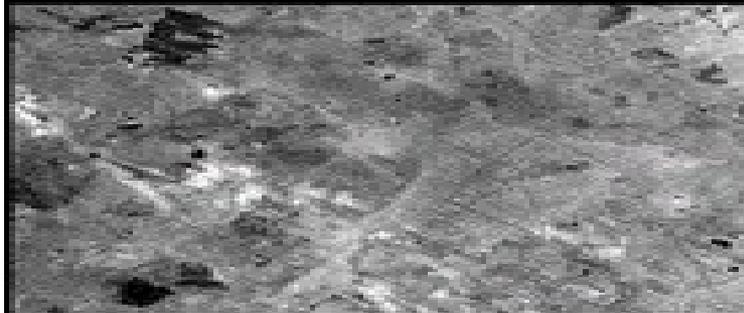
# 4. Detecção remota por satélites



True color



500.5 nm



1000.2 nm



1501.4 nm

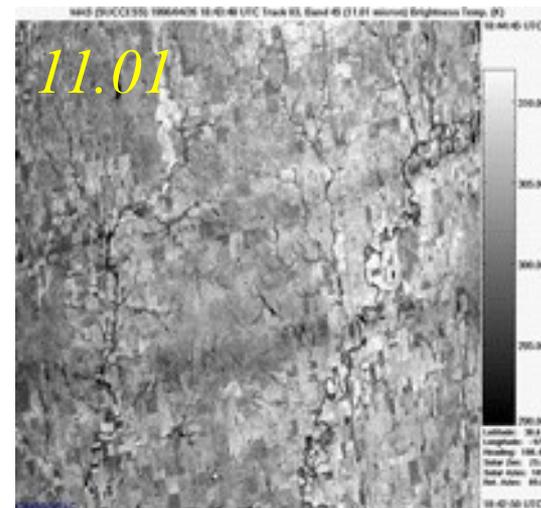
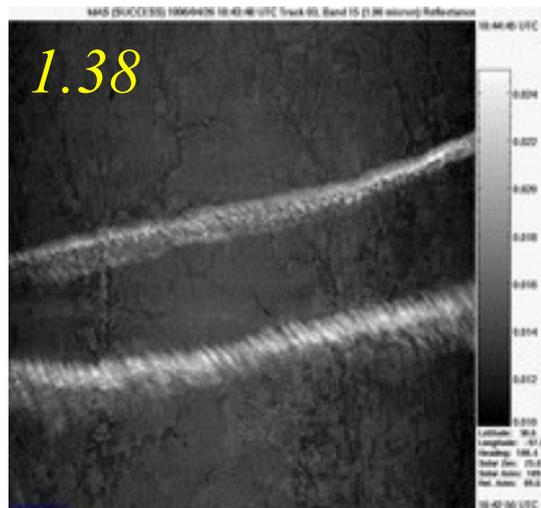
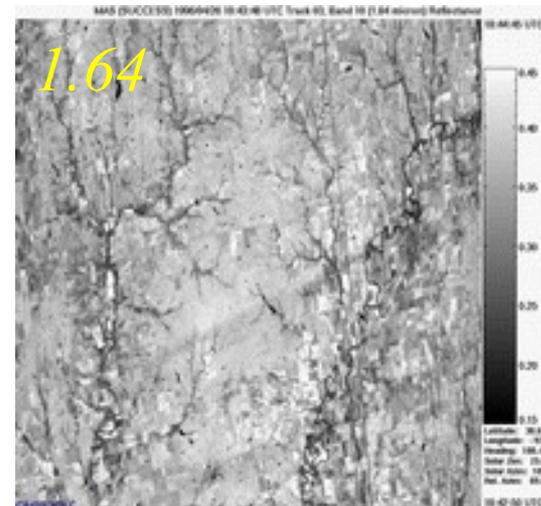
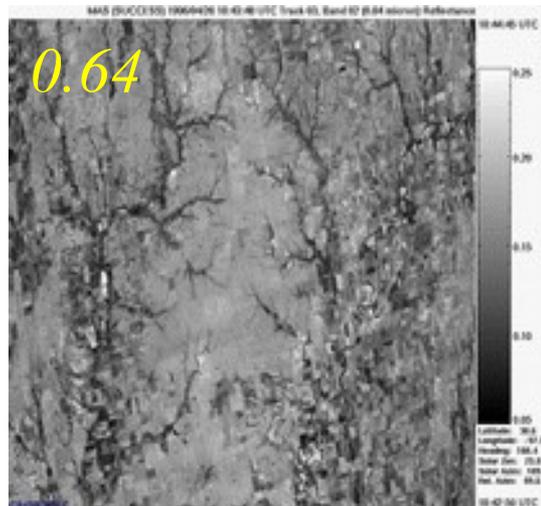


2000.5 nm



2508.5 nm

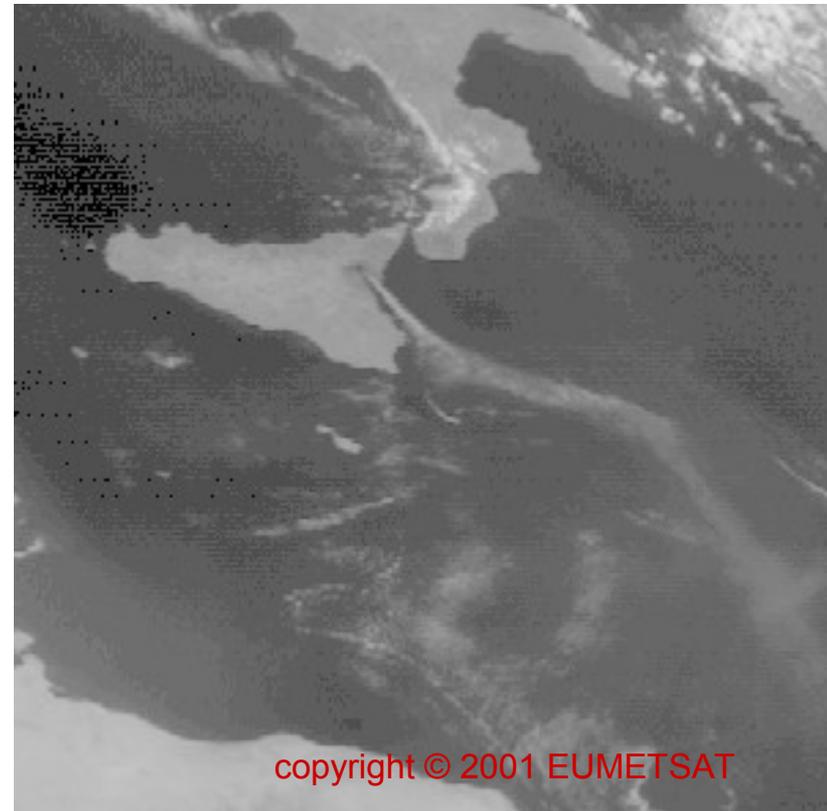
# 4. Detecção remota por satélites



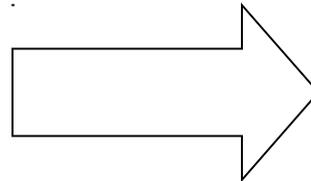
# 4. Detecção remota por satélites



Erupção do vulcão Etna  
Sicília, Itália

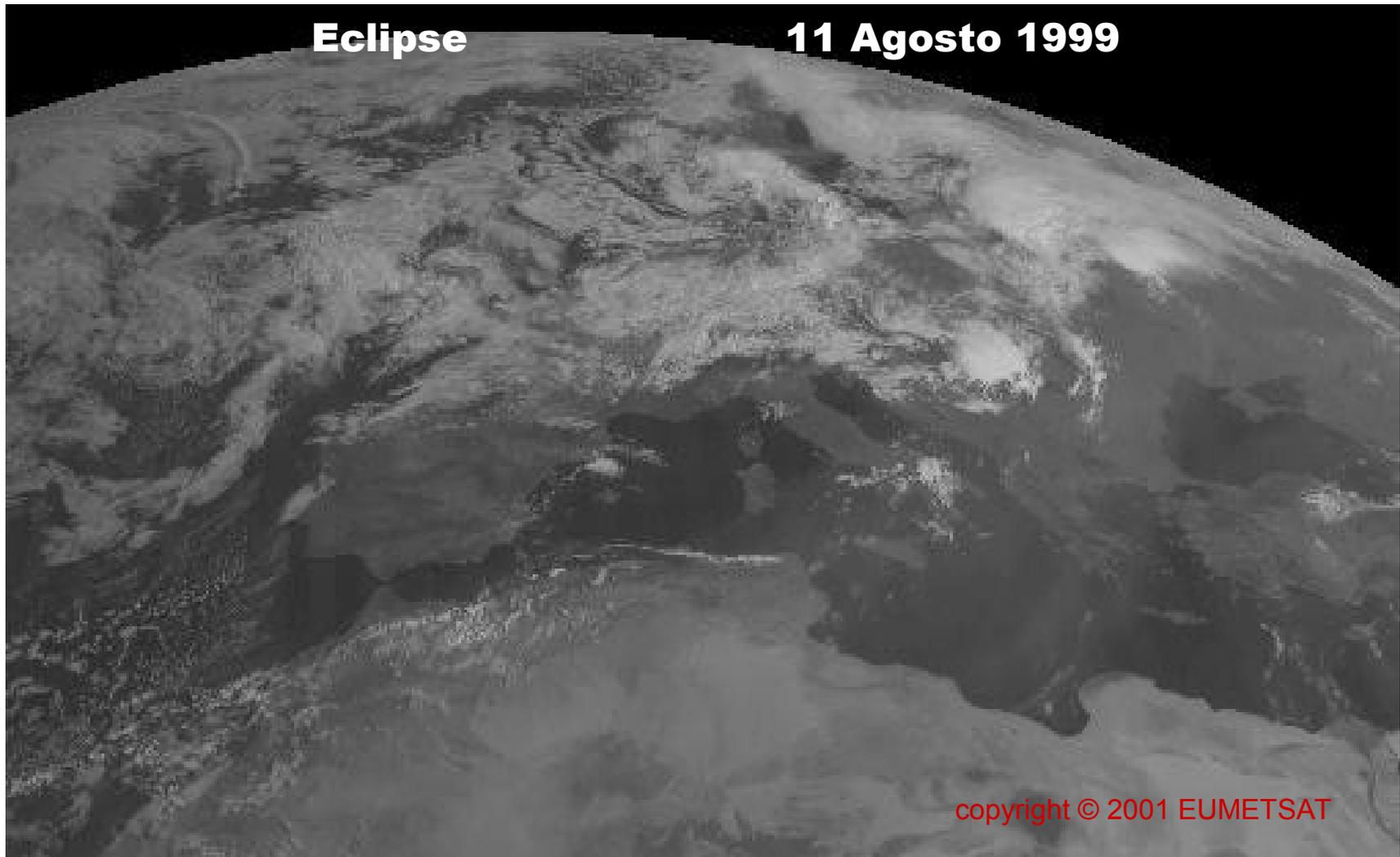


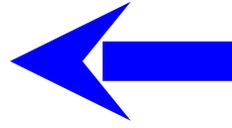
METEOSAT-7 Visível  
23 July 2001 (06:00 UTC)



copyright © 2001 EUMETSAT

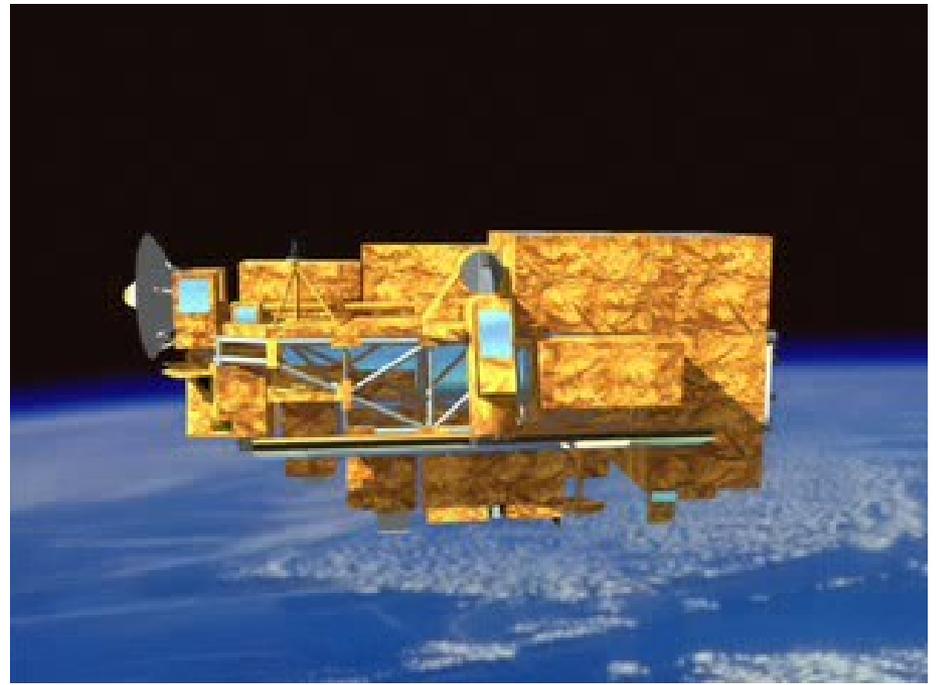
# 4. Detecção remota por satélites





**Lançamento do  
satélite Terra**

**Desdobramento do  
satélite Terra**



# 5. Códigos de Transferência Radiativa e sua aplicação à detecção remota

## **Qual a temperatura, concentração de gás ou conjunto de parâmetros físicos que produzem o conjunto de radiâncias observadas?**

Este é o chamado **problema inverso** em detecção remota. O problema oposto, ou seja, calcular radiâncias conhecendo os parâmetros que caracterizam a atmosfera é o **problema directo**.

Se não houver nuvens o problema directo é relativamente fácil de resolver, mas o problema inverso levanta muitas dificuldades uma vez que a solução não é única.

A solução deve satisfazer a equação de transferência radiativa e aproximar-se o mais possível da realidade.

O que se pode fazer:

1. Escolher um perfil / valor inicial
2. Calcular a radiância para este caso em cada canal espectral considerado
3. Se as radiâncias calculadas coincidem (dentro do limite estabelecido) com as medidas pelo instrumento a solução é aceite
4. Se não foi atingida convergência ajusta-se o perfil / valor e reinicia-se o processo até se encontrar uma solução.

A maior parte das vezes recorre-se a **CÓDIGOS DE TRANSFERÊNCIA RADIATIVA**

# 5. Códigos de Transferência Radiativa e sua aplicação à detecção remota

Os códigos de transferência radiativa são programas que permitem a modelação dos processos de transferência de radiação na atmosfera e as suas interacções com a superfície. Os processos radiativos são tratados usando modelos / algoritmos físicos e matemáticos, mas que por vezes têm que ser simplificados devido às limitações dos computadores existentes.

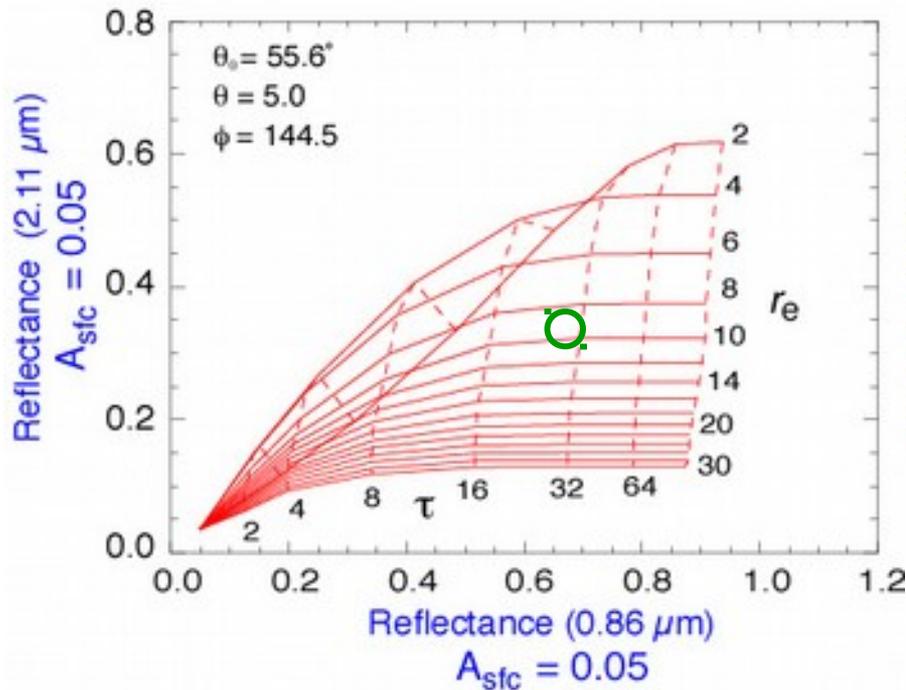
A sua utilização pode ser feita com dois objectivos:

- A atmosfera é um filtro que atenua a passagem da radiação e é necessário eliminá-lo matematicamente – correcção atmosférica
- A atmosfera contém a informação que se pretende estudar

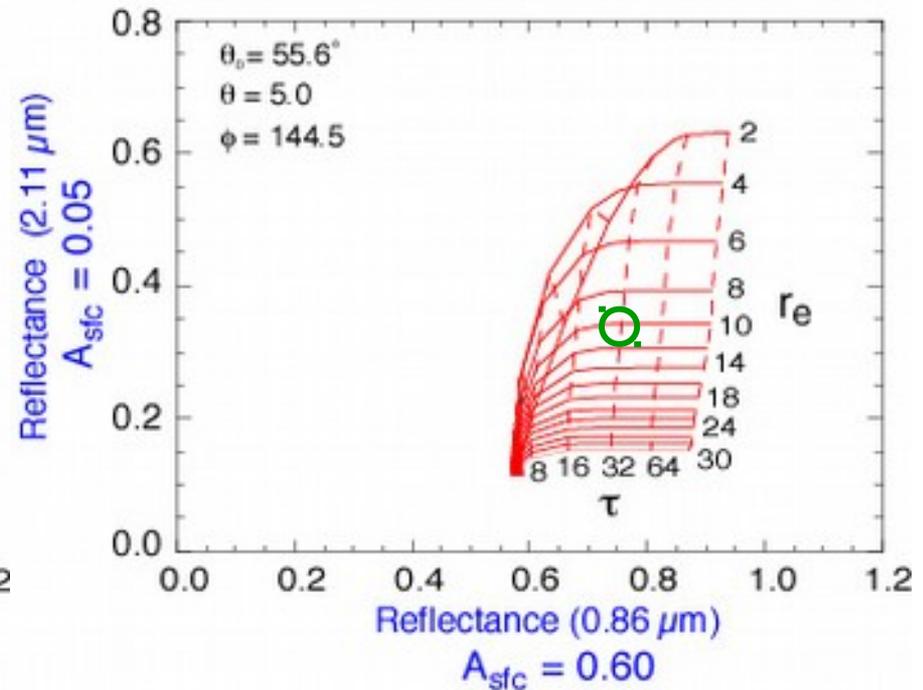
# 5. Códigos de Transferência Radiativa e sua aplicação à detecção remota

## Determinação da espessura óptica e raio eficaz de nuvens

Nuvens de água sobre o oceano



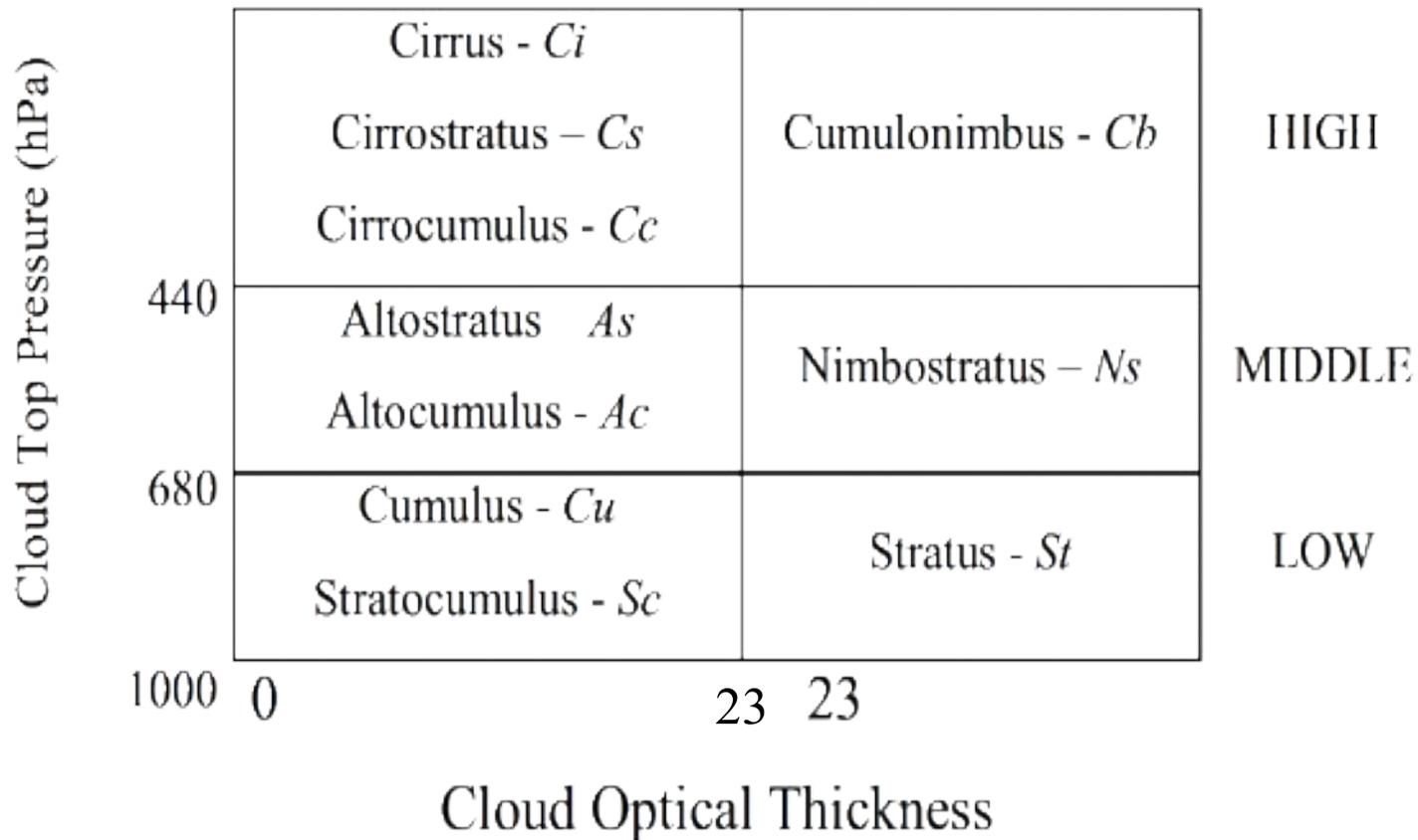
Nuvens de água sobre o gelo



# 5. Códigos de Transferência Radiativa e sua aplicação à detecção remota

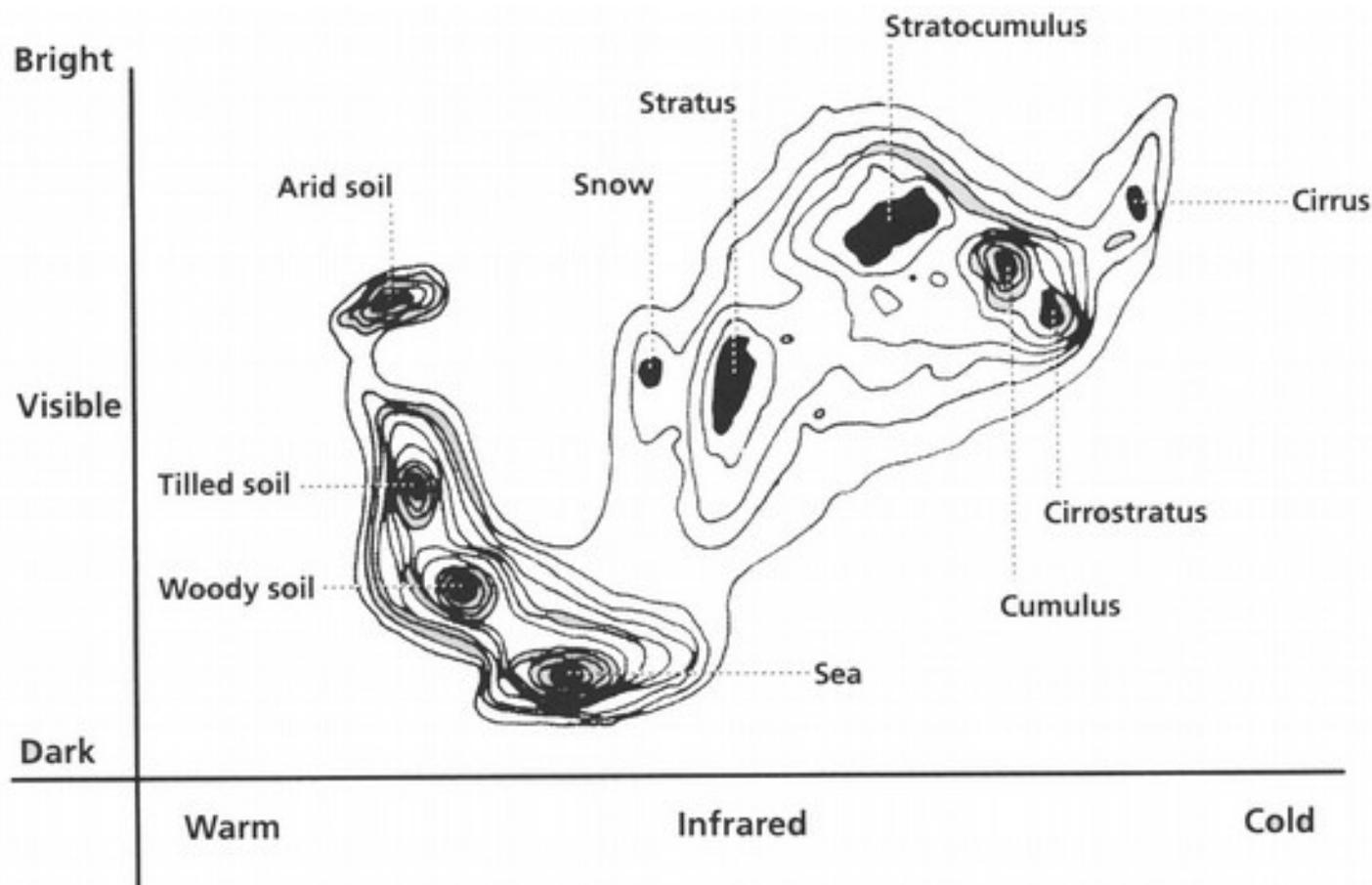
*Classificação ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project)*

Rossow and Schiffer (1999)



# 5. Códigos de Transferência Radiativa e sua aplicação à detecção remota

Determinação do tipo de nuvem – técnicas bi-espectrais



# 6. Aplicações da detecção remota

## Tsunami - Japão

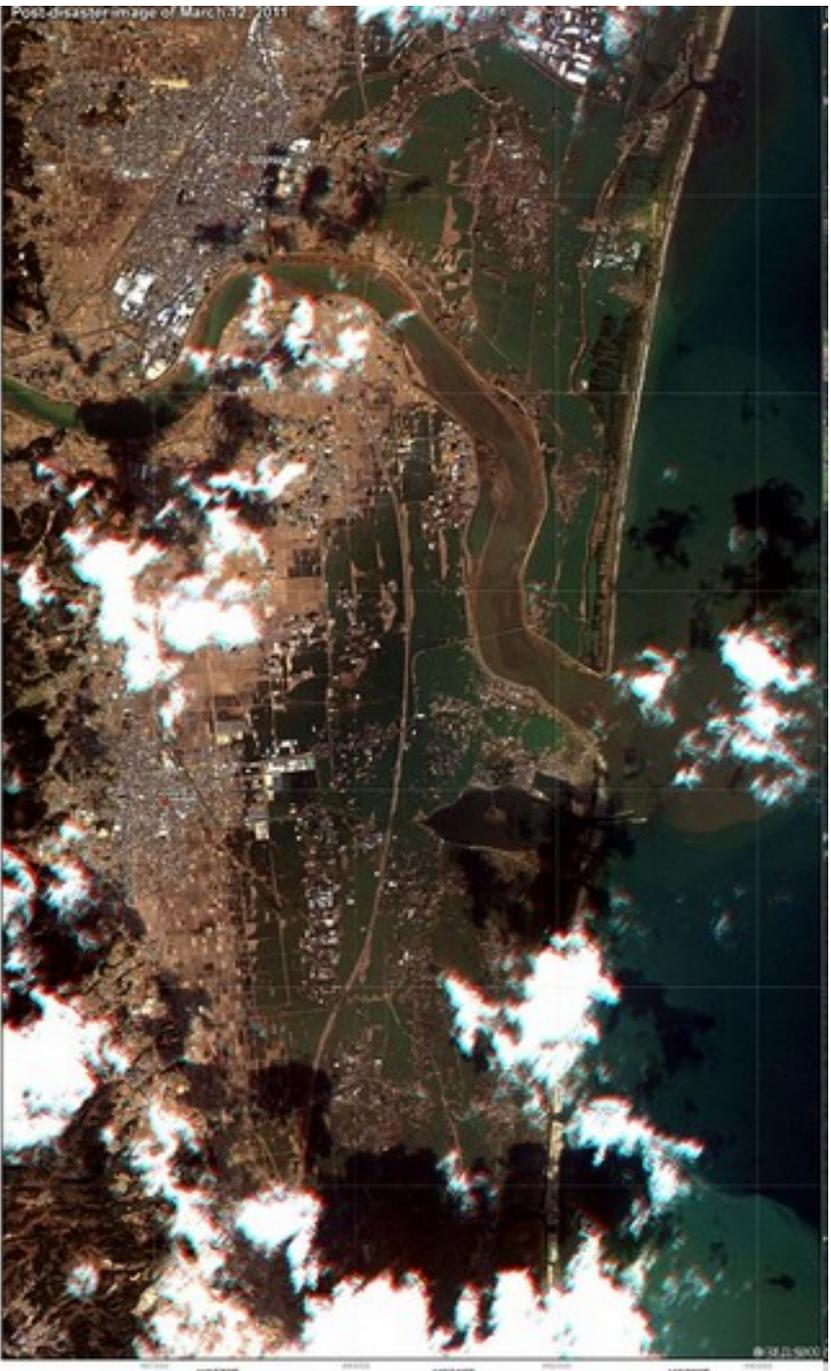
Março 2011



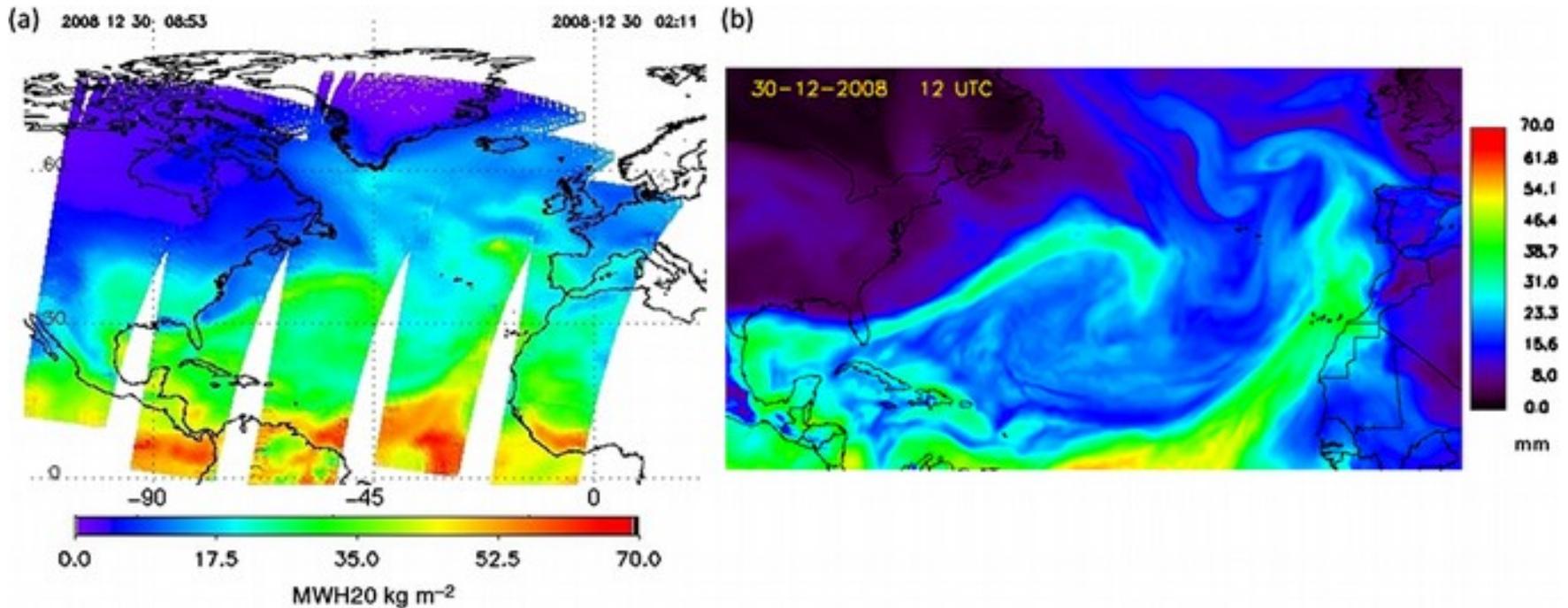
Pre-disaster image of September 10, 2010



Post-disaster image of March 12, 2011



# 6. Aplicações da detecção remota

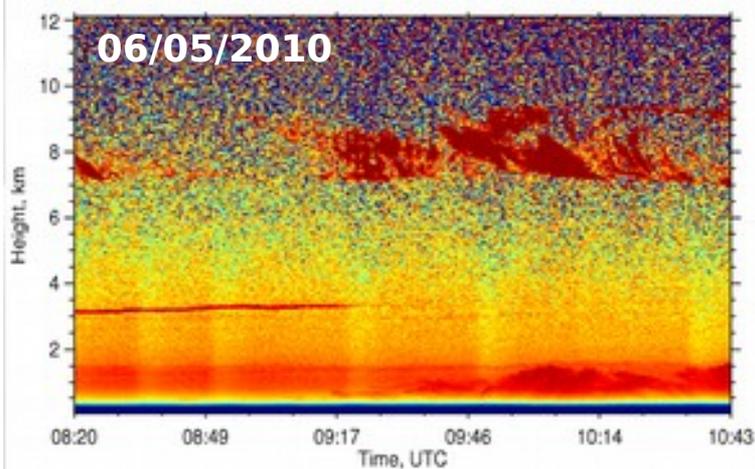
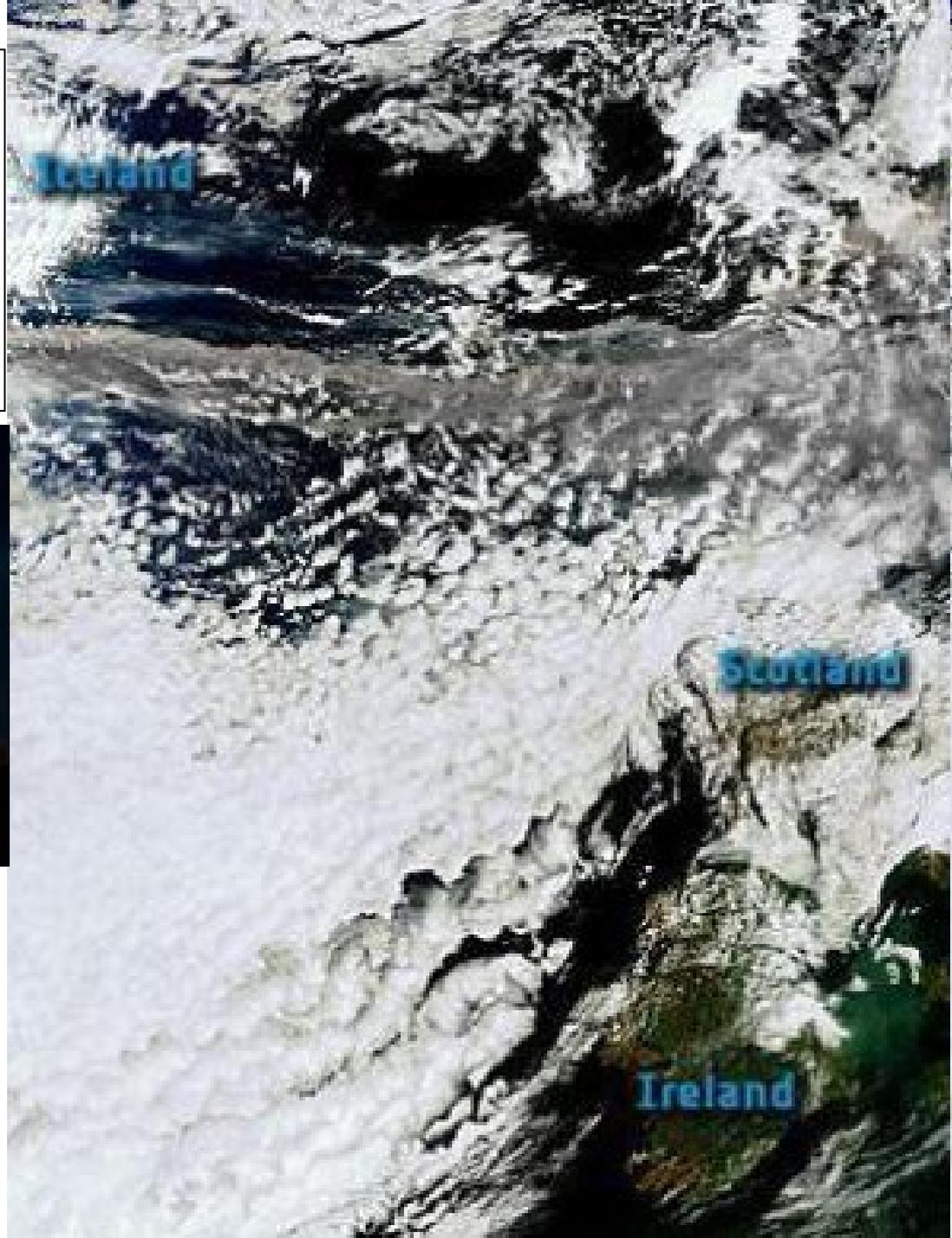


Precipitable water vapour field on 30 December 2008 for (a) AIRS observation (unit: kg m<sup>-2</sup>) at 0853 UTC, and (b) ECMWF analysis (unit: mm) at 1200 UTC

Taken from:

Couto, F., Salgado, R, Costa, M.J., Prior, V., 2015: Precipitation in the Madeira Island over a 10-year period and the meridional water vapour transport during the winter seasons. *Int. J. Climatol.*. DOI: 10.1002/joc.4243

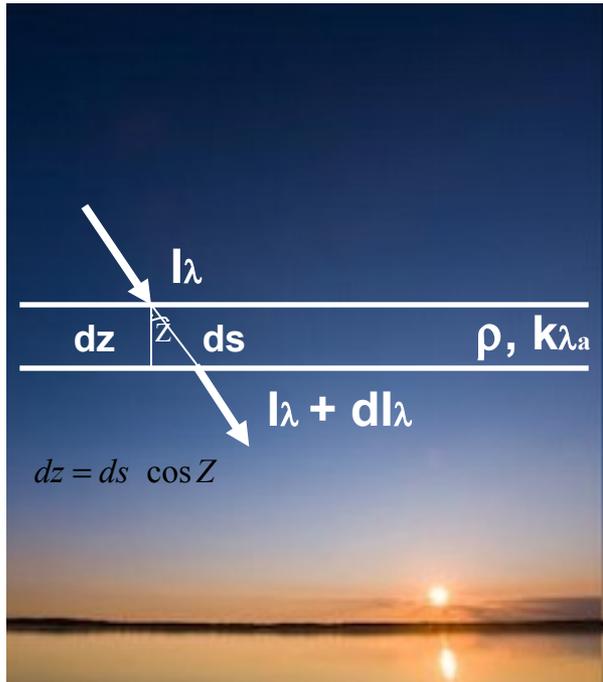
# Erupção do vulcão Eyjafjallajökull (Islândia)



# 7. Fotometria solar

## Lei de Bouguer-Lambert-(Beer)

Exprime a variação na intensidade da radiação, devido à absorção



$$dI_{\lambda} = -k_{\lambda a} I_{\lambda} \rho ds$$

Integrando

$$I_{\lambda}(s_1) = I_{\lambda}(0) \exp\left(-\int_0^{s_1} k_{\lambda a} \rho ds\right)$$

Percurso vertical

$$I_{\lambda}(s_1) = I_{\lambda}(0) \exp\left(-\int_0^{s_1} k_{\lambda a} \rho \sec Z dz\right)$$

$$I_{\lambda}^{dir}(z) = I_{\lambda}(0) \exp(-\tau_{\lambda} m)$$

$m$  – massa de ar óptica  
nem sempre é igual a  $\sec Z$

Espessura óptica  
espectral da  
atmosfera

$$\tau_{\lambda} = \int_0^z k_{\lambda a} \rho dz$$

# 7. Fotometria solar

$$I_{\lambda}(s_1) = I_{\lambda}(0) \exp(-\tau_{\lambda}m)$$

$$\ln I_{\lambda}(s_1) = \ln I_{\lambda}(0) - \tau_{\lambda}m$$



**Y**



**b**



**M**



**X**

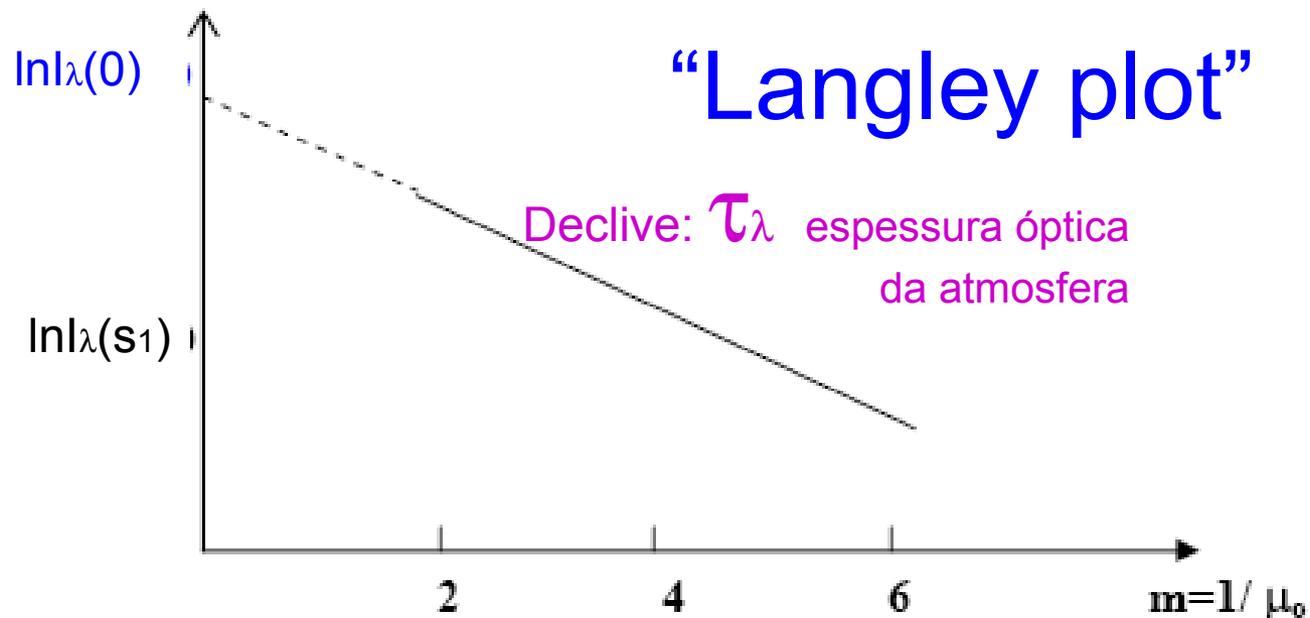
Transmissividade

$$T_{\lambda} = \frac{I_{\lambda}^{dir}(s_1)}{I_{\lambda}(0)} = \exp(-\tau_{\lambda}m)$$



# 7. Fotometria solar

$$\ln I_{\lambda}(s_1) = \ln I_{\lambda}(0) - \tau_{\lambda} m$$



# 7. Fotometria solar

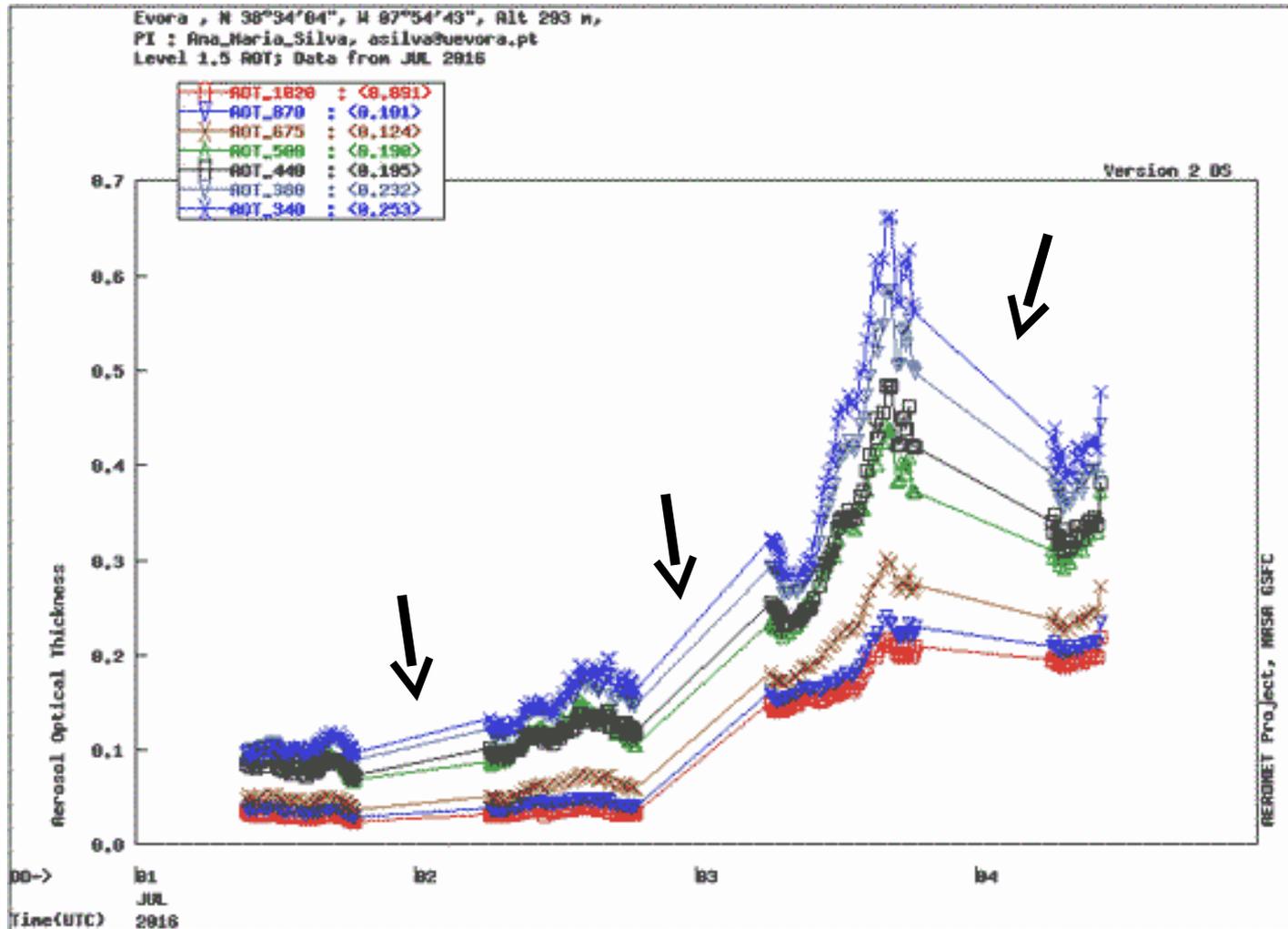
$$\tau_{\lambda} = \tau_{\lambda}^{total} = \sum_{i=1}^n \tau_{\lambda}^i = \tau_{\lambda}^{nuvens} + \tau_{\lambda}^{aerossóis} + \tau_{\lambda}^{gases} + \tau_{\lambda}^{Rayleigh}$$

Caso para um dia de céu limpo em c.d.o. onde só há absorção pelo ozono e dióxido de azoto:

$$\tau_{\lambda} = \sum_{i=1}^n \tau_{\lambda}^i = \tau_{\lambda}^{aerossóis} + \tau_{\lambda}^{ozono} + \tau_{\lambda}^{NO_2} + \tau_{\lambda}^{Rayleigh}$$

$$\tau_{\lambda}^{aerossóis} = \tau_{\lambda}^{total} - \tau_{\lambda}^{ozono} - \tau_{\lambda}^{NO_2} - \tau_{\lambda}^{Rayleigh}$$

# 7. Fotometria solar



# 7. Fotometria solar

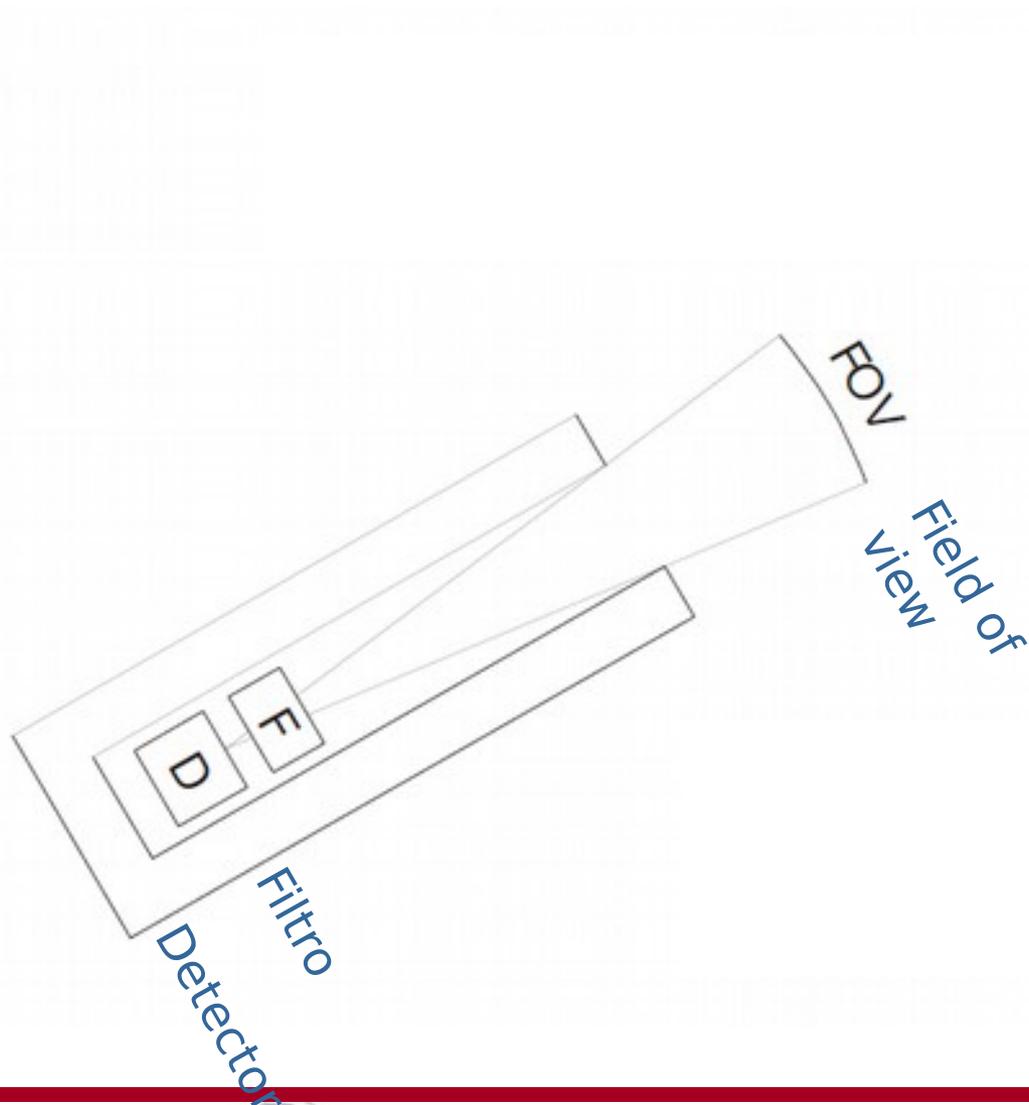


Cimel, 8 c.d.o., 340 - 1020 nm



Microtops 5 c.d.o., 340 - 1020 nm

# 7. Fotometria solar

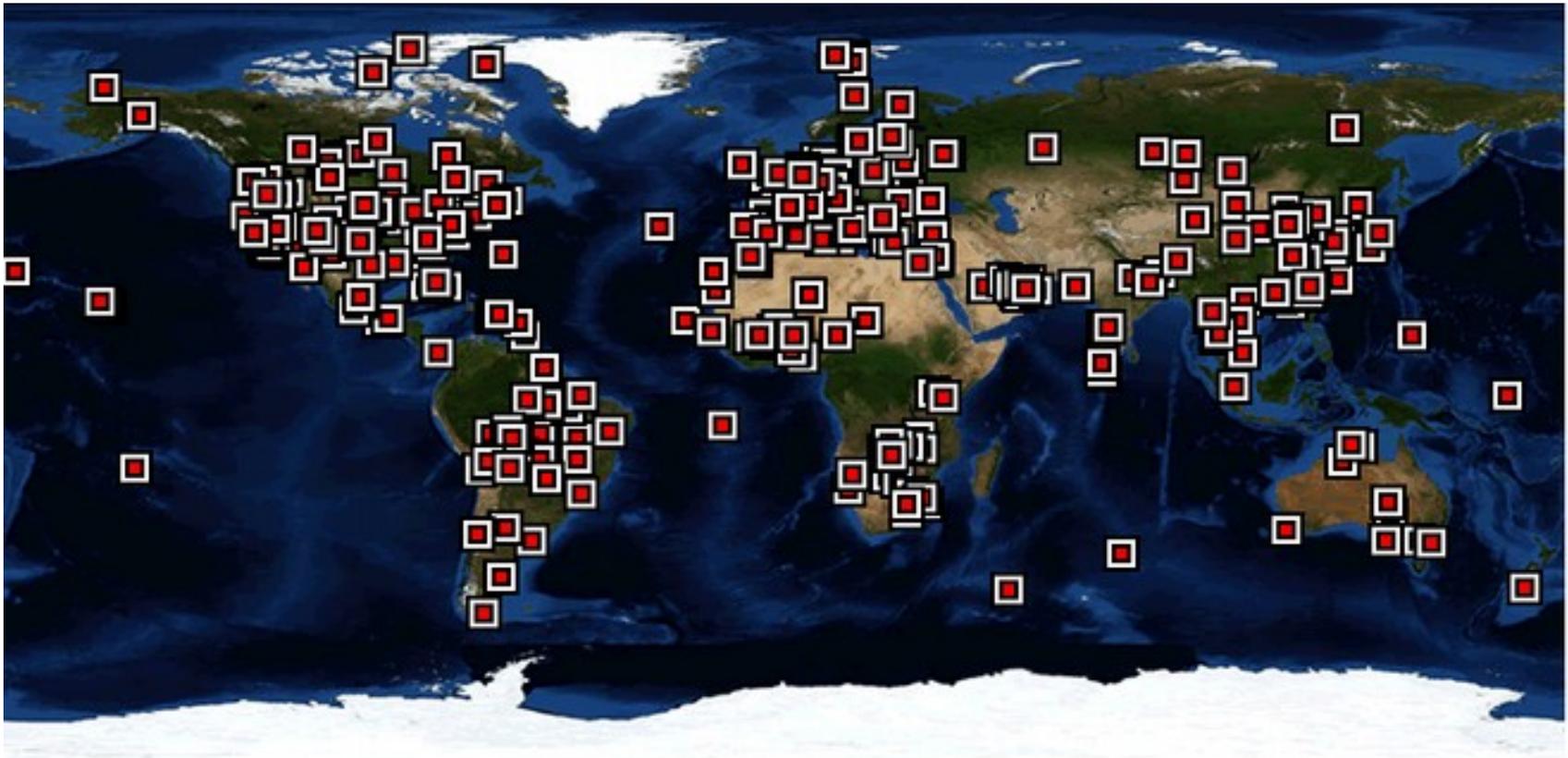


# 7. Fotometria solar

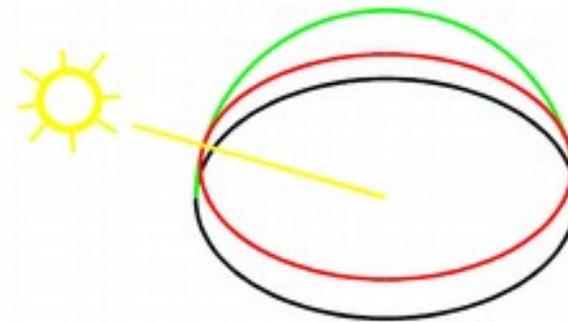
- A rede AERONET (AErosol RObotic NETwork) é constituída por instrumentos de detecção remota (espectrofotómetros) instalados em vários pontos do globo, estabelecida pela NASA e LOA-PHOTONS (CNRS) e aumentada devido às colaborações internacionais com outras agências, institutos, universidades (de que é exemplo a Univ. Évora), cientistas, etc.
- Das observações obtêm-se, por exemplo:
  - espessura óptica espectral dos aerossóis
  - distribuição de dimensões dos aerossóis
  - água precipitável, entre outros...
- Estes resultados podem ser utilizados para:
  - Validação dos algoritmos de satélite
  - Caracterização das propriedades dos aerossóis que ainda não é possível obter a partir de satélite.
  - Sinergias com outras bases de dados

# 7. Fotometria solar

A REDE MUNDIAL AERONET



# 7. Fotometria solar



**Plano principal** (defined by sun, zenith, and observer)

**Almucantar** (circle on the celestial sphere parallel to the horizon)

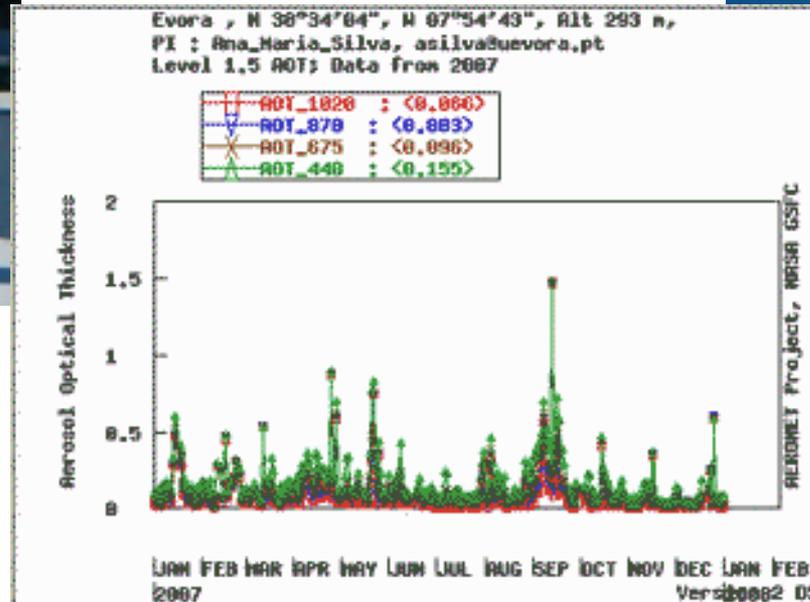
# 7. Fotometria solar

Évora (38°34' N, 7°54' W, 300m a.n.o.c.a.m) da Roca (38°78' N, 9°30' W, 120m a.n.o.c.a.m)



**Período de funcionamento:** desde Junho de 2003

Dados acessíveis na AERONET (AErosol RObotic NETwork):  
<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>



Universidade de Évora

Instituto de Ciências da Terra – Pólo de Évora  
Colégio Luís Verney: Observatório de Física da Atmosfera



# Observações em altitude (balão meteorológico)

## Observação aerológica

