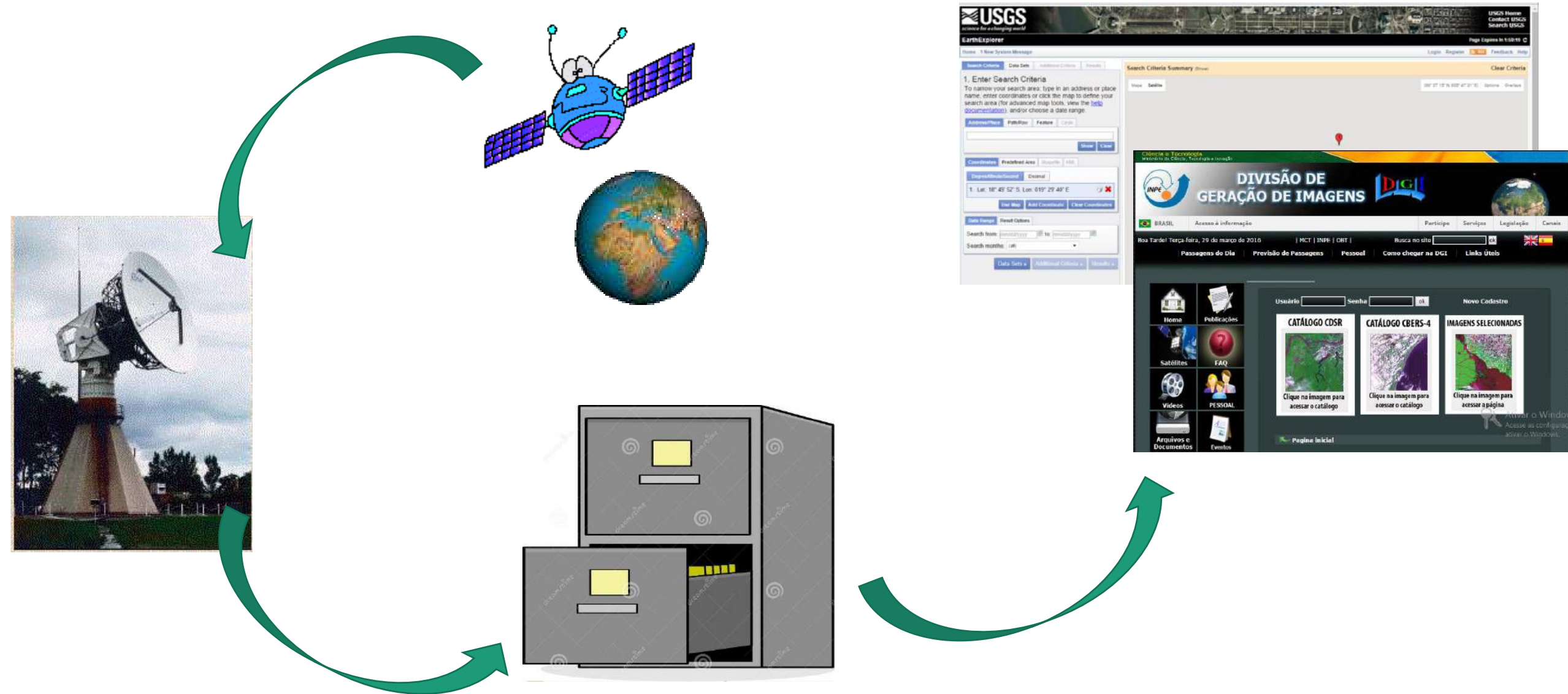




# Sensoriamento Remoto: Imagens orbitais e resoluções

# Fases de aquisição de uma cena

Captação; Estação de processamento, arquivamento, distribuição.



# Como uma imagem é estruturada?

(1,1) X (colunas)

5	10	28	2	11	2
32	5	18	21	25	23
19	15	30	7	14	17
27	25	19	30	7	10
22	15	12	5	11	19
34	35	15	27	3	1

Y (linhas)

(nº lin, nº col)



Intervalo de variação de uma imagem de 8 bits: 0-255 (256 níveis de cinza)

O que é resolução??

**Capacidade dos sensores resolverem o alvo.**

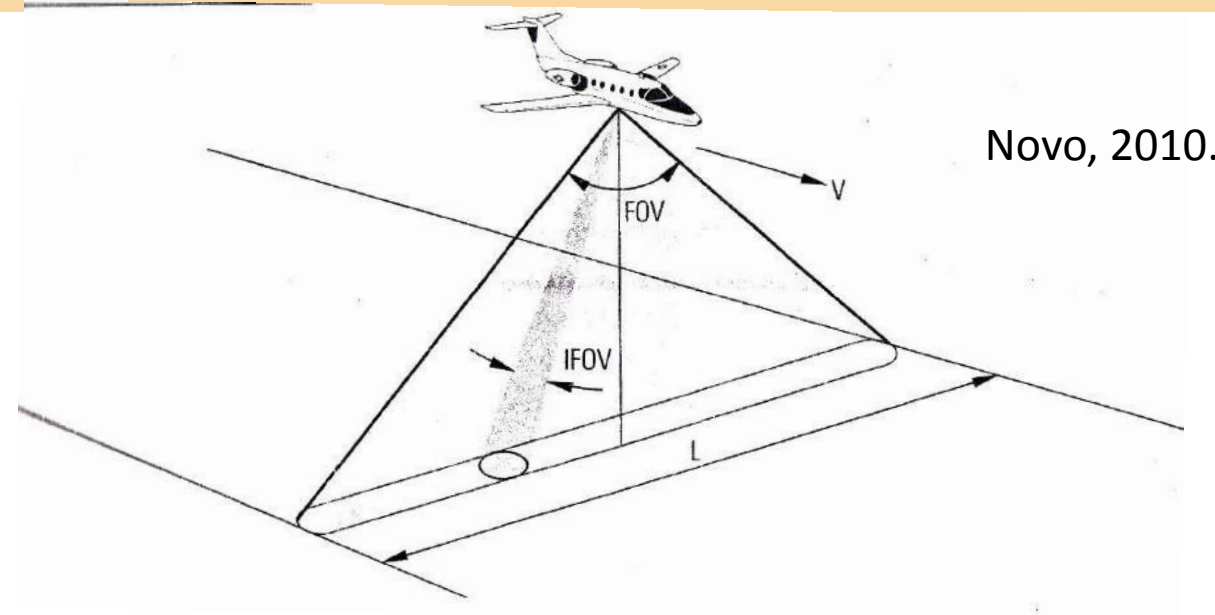
# Resolução espacial

Determina o tamanho do menor objeto que pode ser identificado em uma imagem. Por definição, um objeto somente pode ser resolvido (detectado), quando o tamanho deste é, no mínimo, igual ou maior do que o tamanho do elemento de resolução no terreno, ou seja, da resolução espacial.

Nos sensores ópticos a resolução espacial depende de: **IFOV e FOV**.

**IFOV** (*Istantaneous Field of View* - Campo de Visada Instantâneo).

**FOV** (Field of View – Campo de Visada)



Novo, 2010.

FOV: Define a largura (L) da faixa imageada pelo sensor que se desloca na direção V. IFOV define o campo de visada que projeta sobre a superfície a dimensão mínima detectada em cada posição da faixa imageada.

# Resolução espacial

O tamanho da área vista no terreno é determinada pelo IFOV e pela a distância do sensor à superfície imageada.

$$D = H\beta$$

Onde:

D= diâmetro do elemento amostrado no terreno;

H= altura da plataforma em metros;

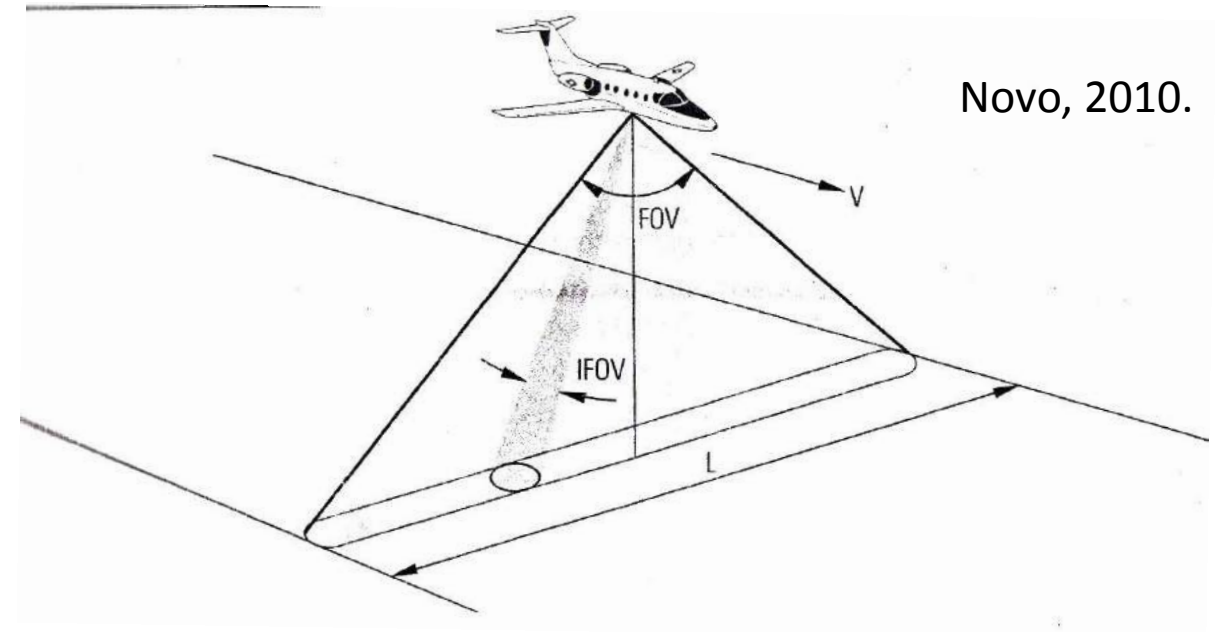
$\beta$  = IFOV em radianos.

$$\text{IFOV} = D/f$$

Onde:

D= diâmetro do detector;

F= distância focal do sistema óptico.



FOV: Define a largura (L) da faixa imageada pelo sensor que se desloca na direção V. IFOV define o campo de visada que projeta sobre a superfície a dimensão mínima detectada em cada posição da faixa imageada.

# Resolução espacial

No terreno a área vista pelo IFOV é chamada de Elemento de Resolução do Terreno.

Meneses e Almeida, 2012



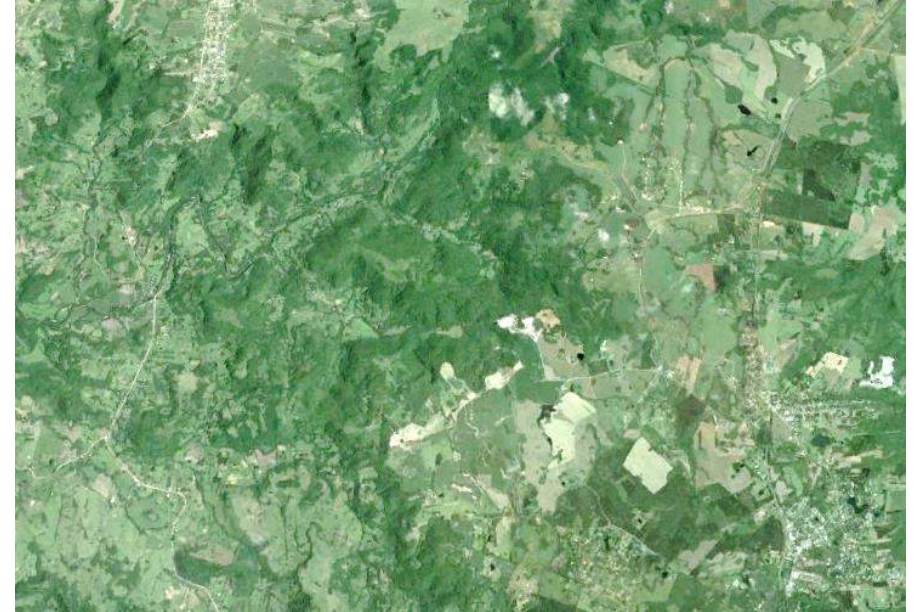
Da esquerda para a direita, imagens dos satélites, Landsat com resolução espacial de 30m, Spot com 10 m e Ikonos com 1 m, de uma porção do lago Paranoá de Brasília

# Resolução espacial

No terreno a área vista pelo IFOV é chamada de Elemento de Resolução do Terreno.



Já, para uma área com alta variabilidade de tipos de objetos, como numa área urbana, a exigência seria para um sensor com resolução espacial de poucos metros, para que as casas, ruas, estacionamentos, possam ser resolvidos.



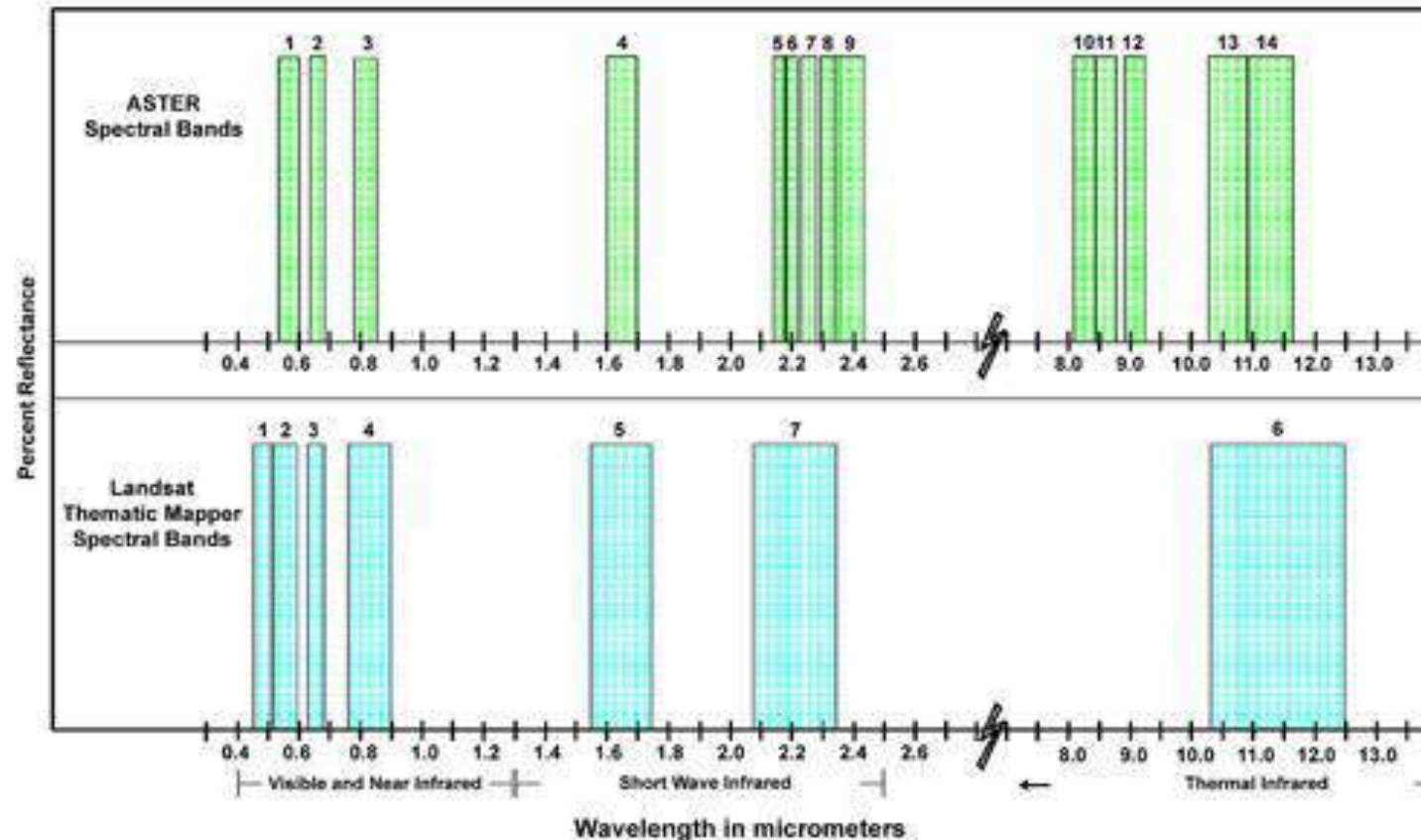
Em terrenos naturais os alvos apresentam uma alta correlação espacial, mostrando pouca variabilidade ao longo de uma área, não exigindo, para a sua identificação, altas resoluções espaciais.



# Resolução espectral

Envolve pelo menos três parâmetros de medida: o número de bandas que o sensor possui; a largura em comprimento de onda das bandas; as posições que as bandas estão situadas no espectro eletromagnético.

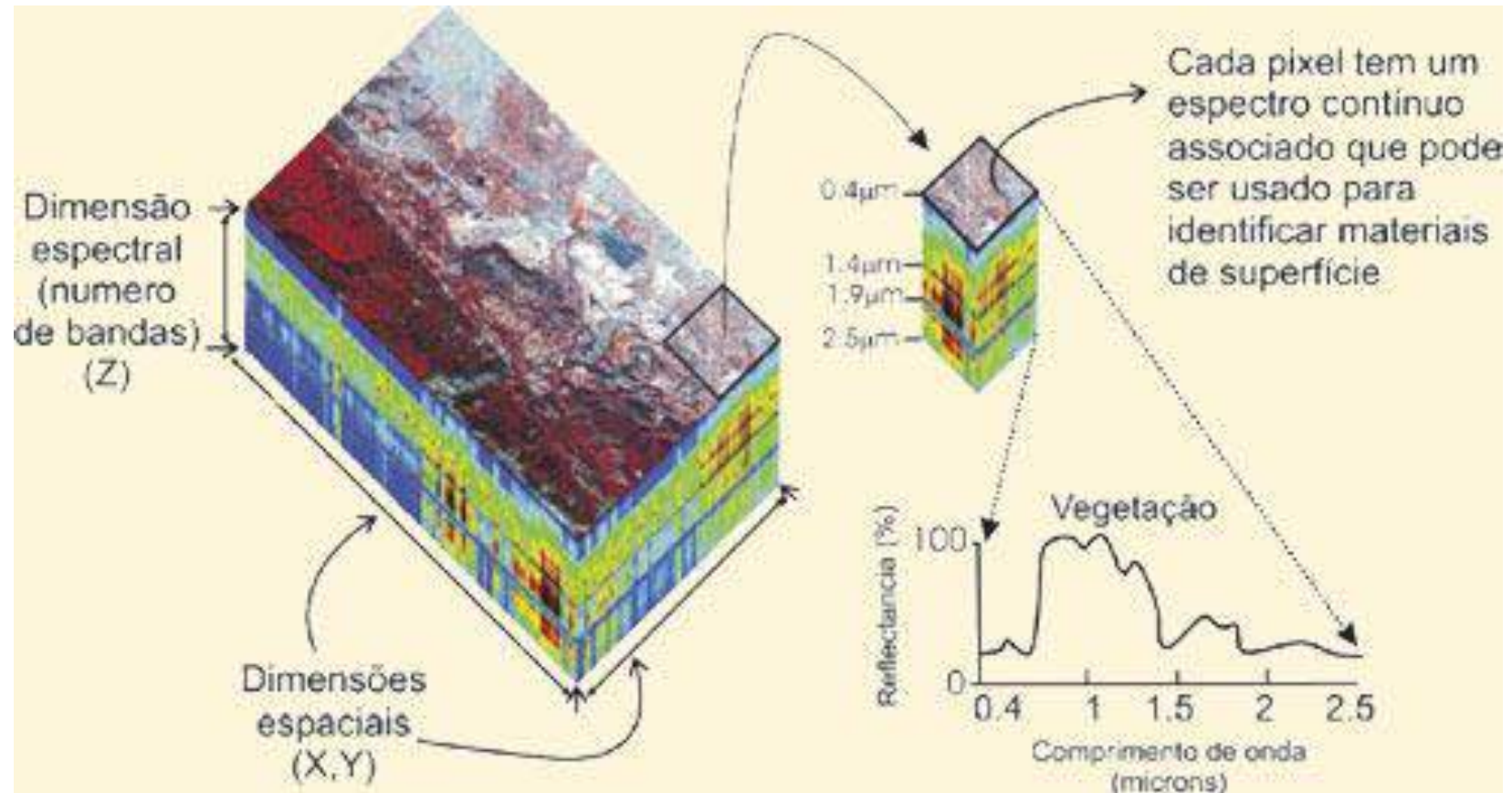
Meneses e Almeida, 2012



# Resolução espectral

Comparativamente, um sensor tem **melhor resolução espectral** se ele possui **maior número de bandas situadas em diferentes regiões espectrais** e com **larguras estreitas** de comprimentos de onda. Essa necessidade é devido às **diferenças relativas de reflectância entre os materiais** da superfície da terra, que permitem distinguir um material do outro, em determinados comprimentos de onda.

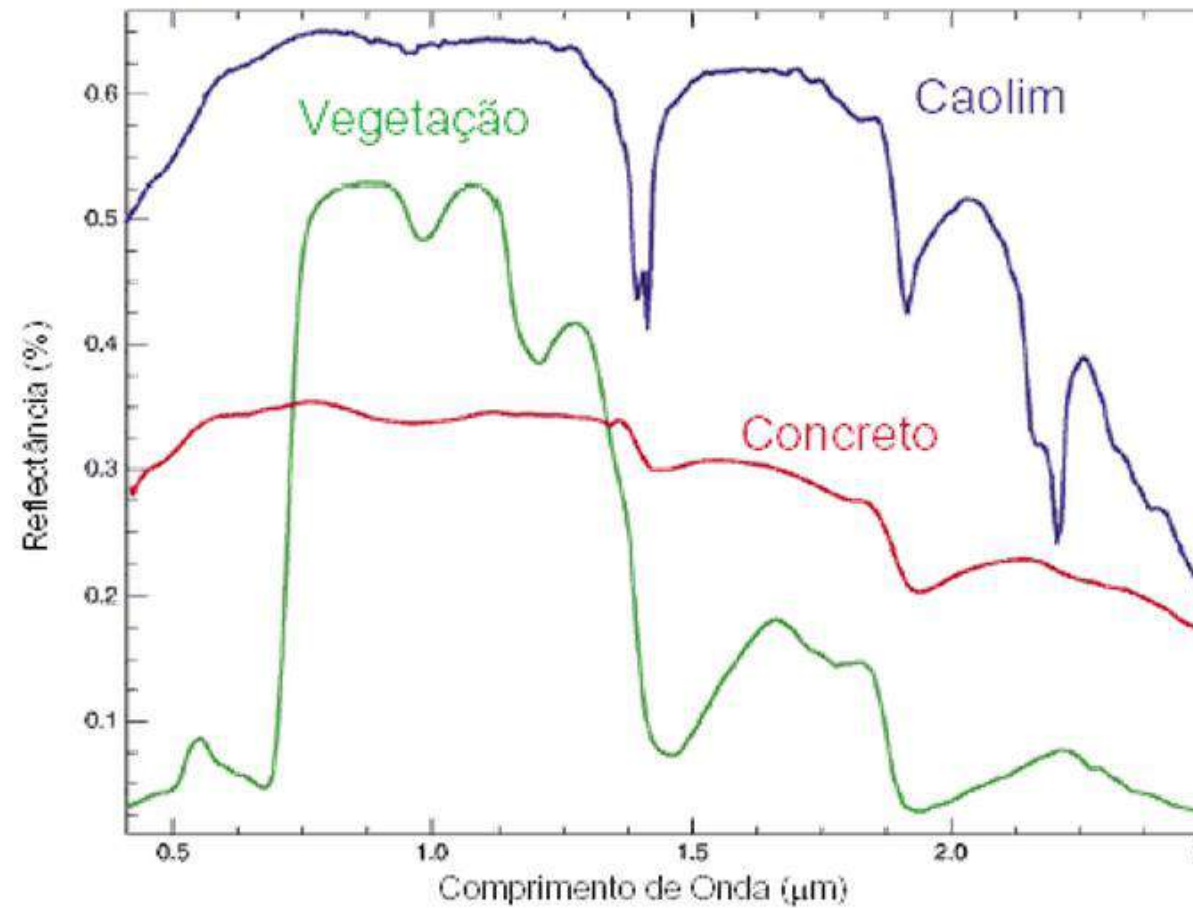
Meneses e Almeida, 2012



# Resolução espectral

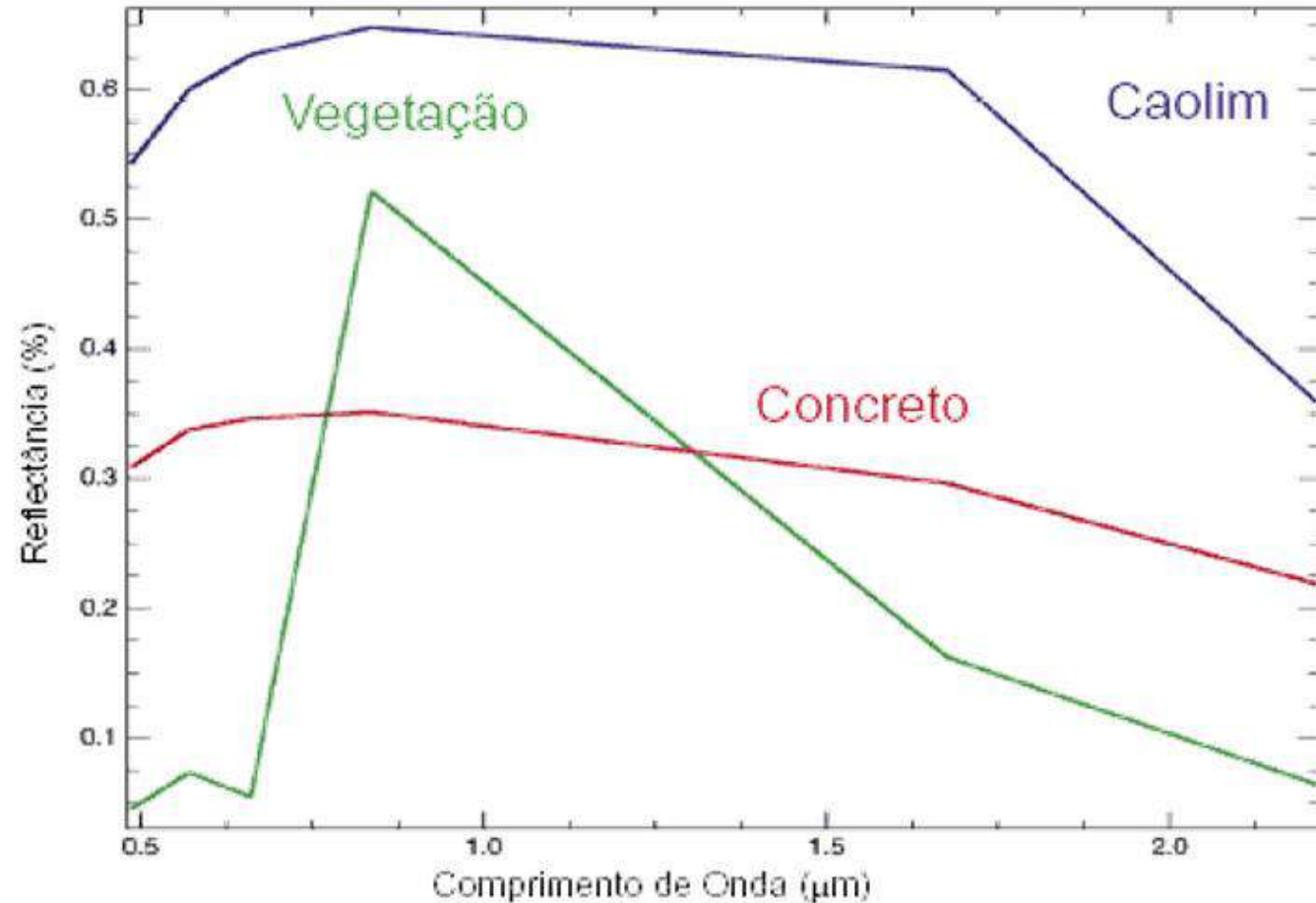
## Hiperespectral

CURVAS ESPECTRAIS – ESPECTRORRADIÔMETRO (> 2000 canal)



## Multiespectral

CURVAS ESPECTRAIS – Resolução do ETM+Landsat-7 (6 bandas)



Permite identificar bandas de absorção.

# Resolução espectral

- Os *sistemas multiespectrais* de sensoriamento remoto registram a energia refletida ou emitida de um objeto ou área de interesse em *múltiplas bandas* (regiões, *canais*).
- Os primeiros sensores eram *pancromáticos*, onde eram perdidas informações sobre interações de um objeto com determinado comprimento de onda da radiação incidente.
- Assim surgiu a ideia de se obter imagens simultâneas de uma mesma cena em várias regiões do espectro, isso deu origem aos sensores multiespectrais.
- Os *sistemas hiperespectrais* de sensoriamento remoto registram dados de *centenas* de bandas, permitindo a aquisição de espectros contínuos para cada pixel da imagem.

# Resolução radiométrica

Ela define o **número de níveis de radiância que o detector pode discriminar**. A radiância de cada pixel passa por uma codificação digital, obtendo um valor numérico, expresso em bits, denominado de número digital (ND).

Meneses e Almeida, 2012

É o **número de tons de cinza** que cada pixel da imagem pode assumir. Geralmente as imagens contam com 256 níveis de cinza ( $8 \text{ bits} - 2^8$ ). Assim os pixels assumem valores de 0 (preto) até 255 (branco). Quanto mais radiação, mais claro é o pixel.

# Resolução radiométrica



2048 (11 bits)



256 (8 bits)



128 (7 bits)



36 (5 bits)



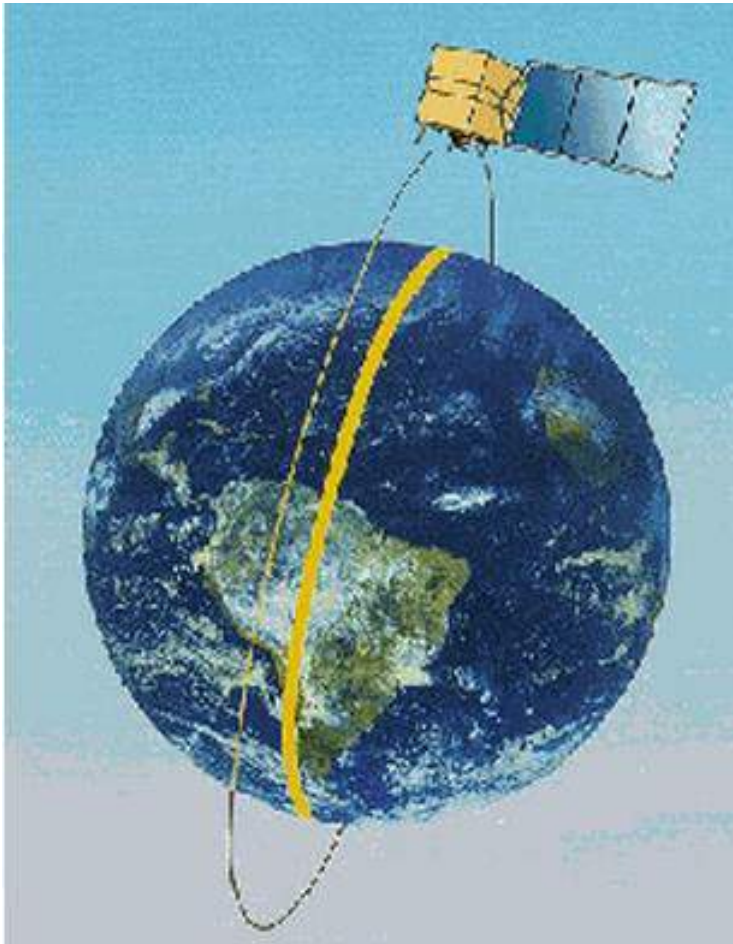
4 (2 bits)



2 (1bit)

# Resolução temporal

Refere-se à frequência que o sensor revisita uma área e obtém imagens periódicas ao longo de sua vida útil.



A resolução temporal é fundamental para acompanhar ou detectar a evolução ou mudanças que ocorrem na Terra, principalmente para alvos mais dinâmicos, como o ciclo fenológico de culturas, desmatamentos, desastres ambientais, tendo forte impacto na monitoração ambiental.

# Exemplos de sensores



# LANDSAT



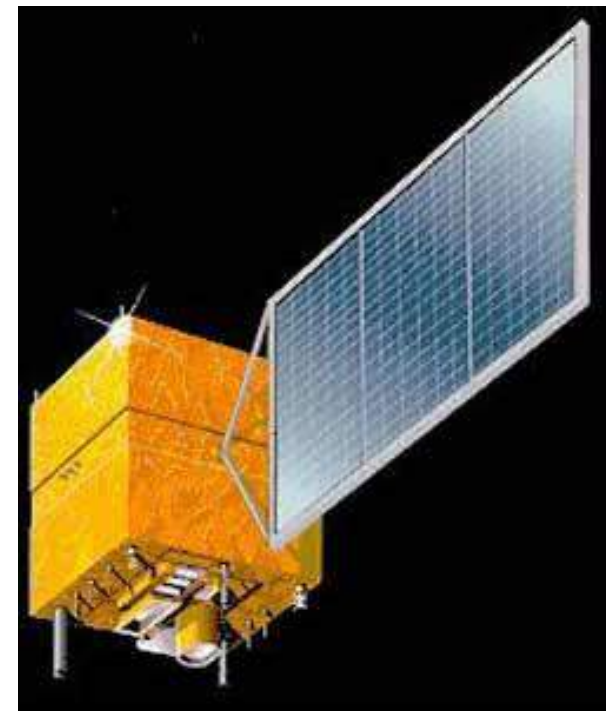
Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageada	Órbita
MSS	4	0,5 - 0,6 $\mu\text{m}$	80 m	18 dias	6 bits	185 km	Polar, Circular Heliosíncrona
	5	0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$					
	6	0,7 - 0,8 $\mu\text{m}$					
	7	0,8 - 1,1 $\mu\text{m}$					
	8 (LANDSAT 3)	10,4 - 12,6 $\mu\text{m}$	120 m				
TM	1	0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	8 bits	185 km	
	2	0,50 - 0,60 $\mu\text{m}$					
	3	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$					
	4	0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$					
	5	1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$					
	6	10,4 - 12,5 $\mu\text{m}$	120 m				
	7	2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$	30 m				
OLI	1	0,43 - 0,45 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	16 bits	185 km	
	2	0,45 - 0,51 $\mu\text{m}$					
	3	0,53 - 0,59 $\mu\text{m}$					
	4	0,64 - 0,67 $\mu\text{m}$					
	5	0,85 - 0,88 $\mu\text{m}$					
	6	1,57 - 1,65 $\mu\text{m}$					
	7	2,11 - 2,29 $\mu\text{m}$					
	8	0,50 - 0,68 $\mu\text{m}$	15 m				

# SPOT



Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageada	Órbita
HRV (com opção de visada lateral)	PAN	0,50 - 0,73μm	10 m	26 dias	12 bits	60 X 60 km	Polar, Circular e Heliossíncrona
	XS1	0,50 - 0,59μm	20 m				
	XS2	0,61 - 0,68μm					
	XS3	0,78 - 0,89μm					
HRVIR	Monoespectral	0,61 - 0,68μm	10 m				
	B1	0,50 - 0,59μm	20 m				
	B2	0,61 - 0,68μm					
	B3	0,78 - 0,89μm					
	MIR	1,58 - 1,75μm					
HRG	PA e SUPERMODE	0,48 - 0,71μm	5 m				
	B1	0,50 - 0,59 μm	10 m				
	B2	0,61 - 0,68 μm					
	B3	0,78 - 0,89 μm					
	SWIR	1,58 - 1,75 μm					
HRS (gera pares estereoscópicos)	PA	0,49 - 0,69μm	10 m				
VEGETATION e VEGETATION-2	B0	0,43 - 0,47μm	1 km	24 horas	120 X 600 km		
	B2	0,61 - 0,68μm					
	B3	0,78 - 0,89μm					
	MIR	0,58 - 0,75μm			2250 km		

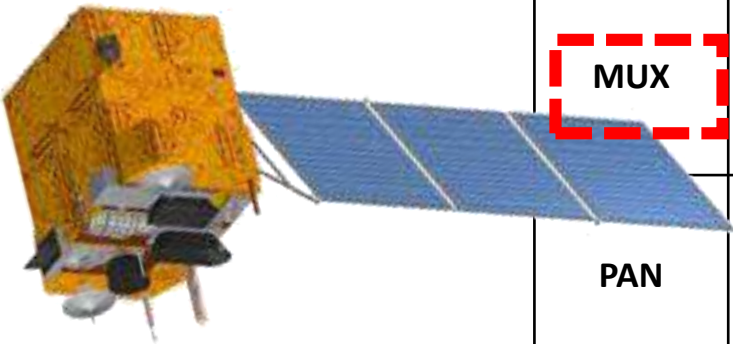
# CIBERS 1,2



Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageada	órbita
<b>CÂMARA CCD</b>	PAN	0,51 - 0,73 $\mu$ m	20 m	26 dias (visada vertical) e 3 dias (visada lateral)	8 bits	113 km	Heliosín crona
	AZUL	0,45 - 0,52 $\mu$ m					
	VERDE	0,52 - 0,59 $\mu$ m					
	VERMELHO	0,63 - 0,69 $\mu$ m					
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,77 - 0,89 $\mu$ m					
<b>IRMSS</b>	PAN	0,50 - 1,10 $\mu$ m	80 m	26 dias	8 bits	120 km	
	INFRAVERMELHO MÉDIO	1,55 - 1,75 $\mu$ m					
	INFRAVERMELHO MÉDIO	2,08 - 2,35 $\mu$ m	160				
	INFRAVERMELHO TERMAL	10,40 - 12,50 $\mu$ m					
<b>WFI</b>	VERMELHO	0,63 - 0,69 $\mu$ m	260 m	5 dias	8 bits	890 km	
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,77 - 0,89 $\mu$ m					

<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/sensores.html>

# CIBERS 3, 4



Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageadora	Órbita
<b>MUX</b>	B G R NIR	0,45 – 0,52 0,52 – 0,59 0,63 – 0,69 0,77 – 0,89	20m	26 dias	8 bits	120 Km	Heliossíncrona
<b>PAN</b>	PAN G R NIR	0,51 – 0,85 0,52 – 0,59 0,63 – 0,69 0,77 – 0,89	5m / 10m	5 dias		60 Km	
<b>IRS</b>	PAN SWIR SWIR TH	0,50 – 0,90 1,55 – 1,75 2,08 – 2,35 10,40 – 12,40	40m / 80m	-		120 Km	
<b>WFI</b>	B G R NIR	0,45 – 0,52 0,52 – 0,59 0,63 – 0,69 0,77 – 0,89	64m	-	10 bits	866 Km	

<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/sensores.html>

# IKONOS



Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageada	Órbita
<b>PANCROMÁTICO</b>	PAN	0,45 - 0,90 $\mu$ m	1 m	2,9 dias		13 x 13 km	Heliosíncrona
<b>MULTIESPECTRAL</b>	AZUL	0,45 - 0,52 $\mu$ m	4 m	1,5 dias	11 bits		
	VERDE	0,52 - 0,60 $\mu$ m					
	VERMELHO	0,63 - 0,69 $\mu$ m					
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,76 - 0,90 $\mu$ m					

<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/sensores.html>

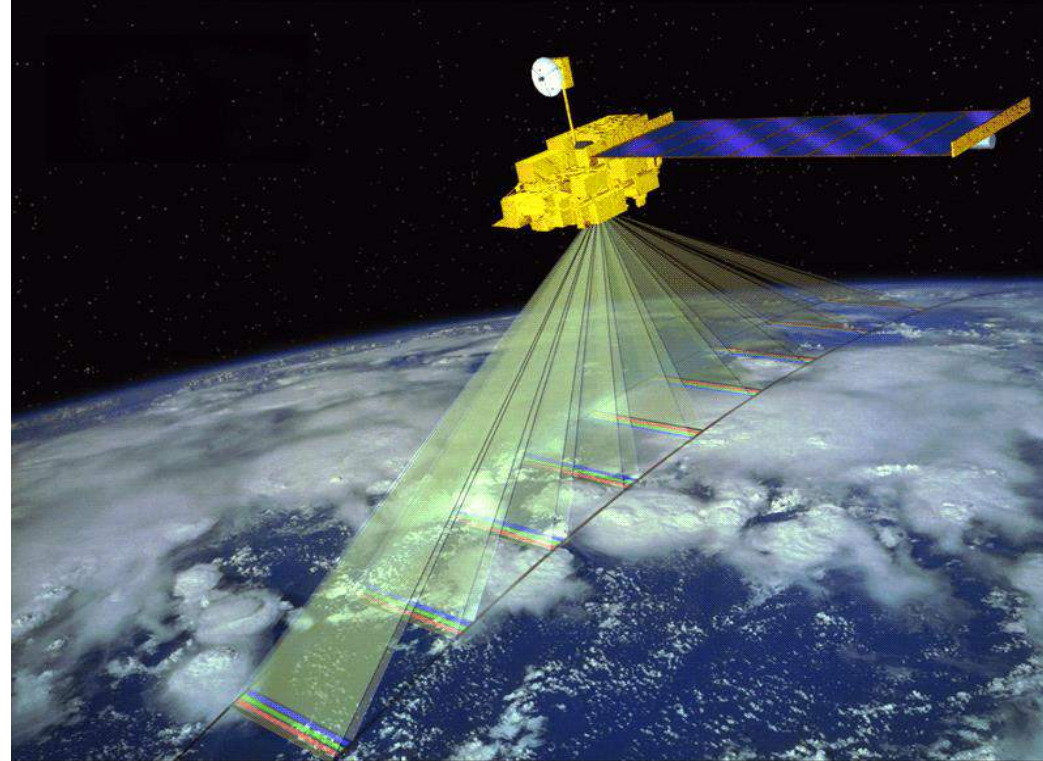
# QUICK-BIRD



Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageada	Órbita
QUICKBIRD	PANCROMÁTICA	450 - 900 nm	61 a 72 cm	1 a 3,5 dias, dependendo da latitude	11 bits	16,5 x 16,5 km	Heliossíncrona
	MULTIESPECTRAL (Visível)	450 - 520 nm	2,4 a 2,8 m				
		520 - 600 nm					
		630 - 690 nm					

<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/sensores.html>

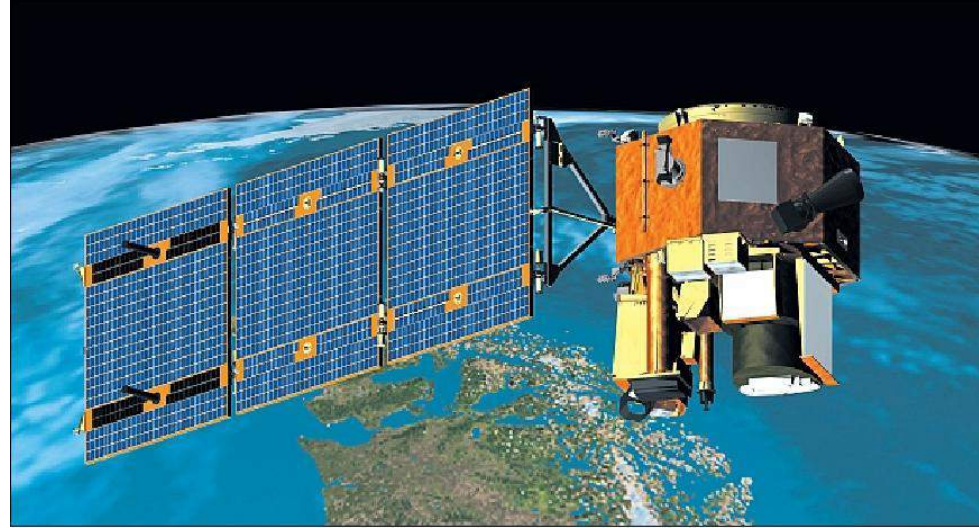
# Terra e Aqua



Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageada	Órbita
<b>MODIS</b>	<b>36</b>	620	250 m (bandas 1 e 2)	2 dias	12 bits	2330 km	Heliossíncrona
		14.385					

<http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/Satelites/modis.php>

# EO-1 Earth Observation



Sensor	Bandas Espectrais	R. Espectral	R. Espacial	R. Temporal	R. Radiométrica	Faixa Imageada	Órbita
<b>HYPERION</b>	220	355	30m	16 dias	12 bits	7,6 x 100 km	Heliosíncrona
		2577					

<https://eo1.usgs.gov/sensors/hyperion>



# Referências

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

Fundamentos de mecânica orbital II. Disponível em: <https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2011/08/mecc3a2nica-orbital-parte-2.pdf>. Acesso em 10 de março de 2016.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LORENZZETI, J. A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Blucher, 2015.

MENESES, P. R.; ALEMIDA, T. de. **Introdução ao Processamento de Imagens em Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em 20 de março de 2016.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

# Questões

1. O que é resolução espacial?
2. O que é resolução espectral?
3. O que é resolução radiométrica?
4. O que é resolução temporal?
5. Quais as resoluções que se deve levar em conta para monitoramento de cultivos agrícolas?