

Sensoriamento Remoto Aplicado à Geografia

Sensores

Prof. Dr. Reinaldo Paul Pérez Machado

REGISTRO DA REM

- A REM ao interagir com o objeto sofre reflexão, absorção e transmissão.
- A parcela da REM refletida que chega no sensor (fluxo radiante) é convertida em um sinal.
- O sensor registra o sinal (fluxo radiante proveniente do alvo) de maneira ANALÓGICA ou ELETRÔNICA.
- O Fluxo radiante é expresso em unidade física, que posteriormente é convertido em unidades de bits.

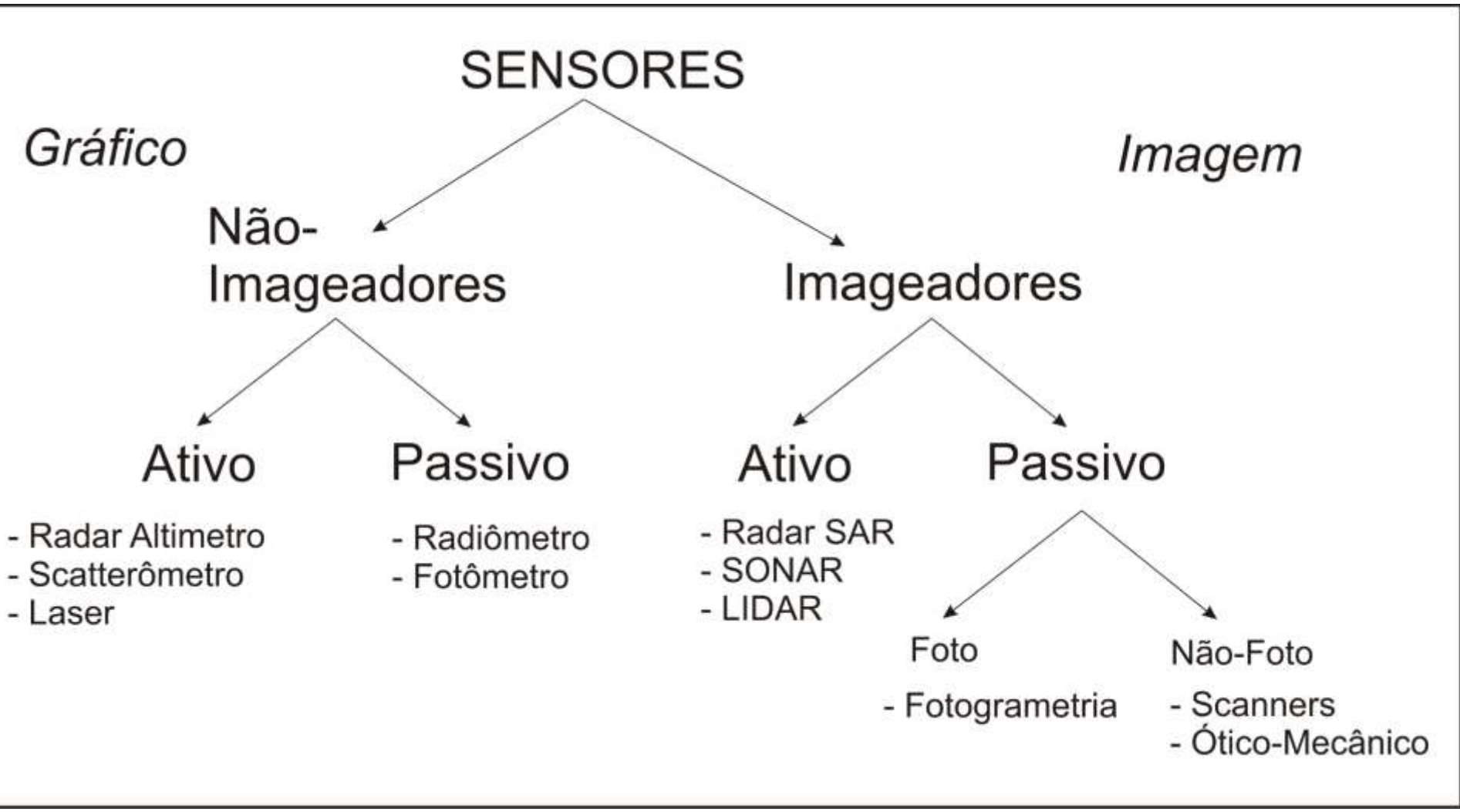
REGISTRO DA REM

Definição de SENSOR

- Equipamento utilizado para para captar a REM proveniente dos diferentes objetos e transformar esta radiação em algum sinal passível de ser interpretado;
- Focalizar a REM proveniente de um objeto sobre um sistema de dispersão (prisma, rede de difração), capaz de decompor a REM em diferentes comprimentos de onda;
- Detectar a REM em cada comprimento de onda.

REGISTRO DA REM

Classificação de SENSORES quanto ao tipo de instrumento



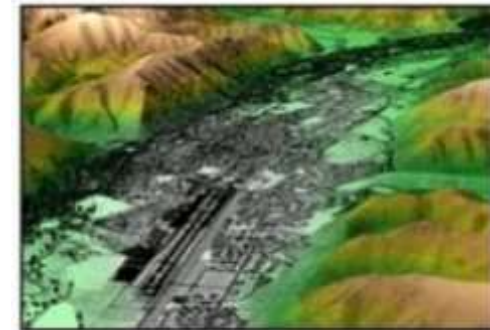
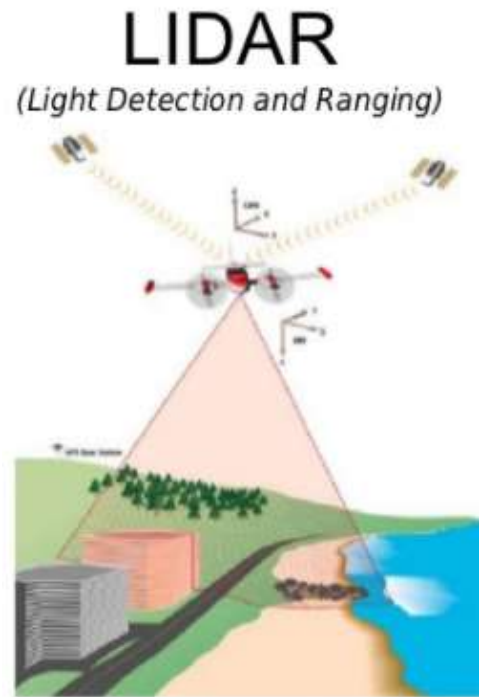
Outros tipos de Sensores:

Sensores Ativos: RADAR e LIDAR



Detecção por Radar

Fonte: <http://florestal.revistaopinioes.com.br>



LIDAR (Light Detection And Ranging)

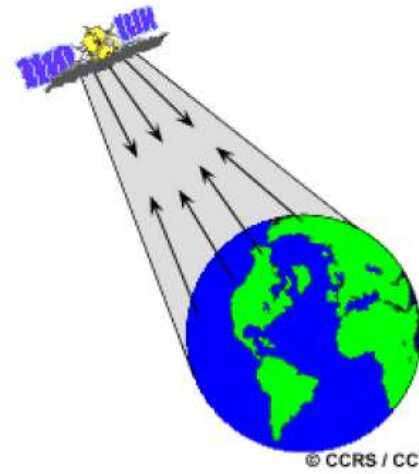
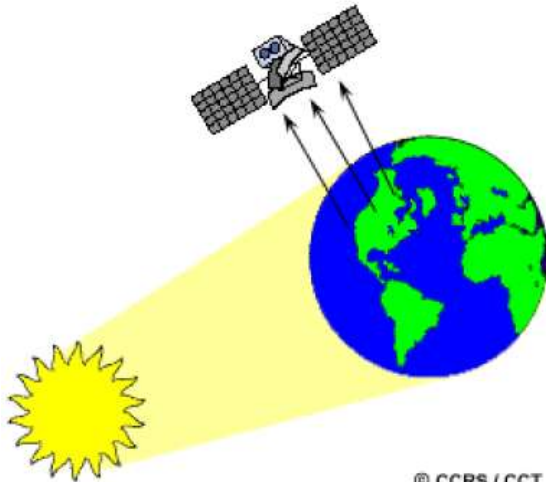
Fonte: EMBRAPA Monitoramento por Satélite

REGISTRO DA REM

Tipos de SENSORES (Fonte de Radiação)

Sensores Passivos: utilizam a radiação solar refletida ou emitida. Ex. Fotografia aérea, videografia, imagens adquiridas no visível e no infravermelho.

Sensores Ativos: possuem fonte própria de energia. Ex. Sistema de radar SAR, LIDAR etc. Os sistemas SAR (radar de abertura sintética) operam nas faixas das microndas.



Radar (*Radio Detecting and Ranging*) de Abertura Sintética – SAR (*Synthetic Aperture Radar*), LIDAR (*Light Detection And Ranging*) e LADAR (*Laser Detection and Ranging*)

- Opera na faixa de comprimento de onda das micro-ondas (apenas o Radar e o SAR).
- Imageamento em visada lateral.
- Mede rugosidade, geometria, umidade e propriedades elétricas dos objetos.
- Sofre pouca interferência dos efeitos atmosféricos.
- Capacidade de penetração da radiação.
- Polarização da onda.
- RADAMBRASIL

Projeto RadamBrasil

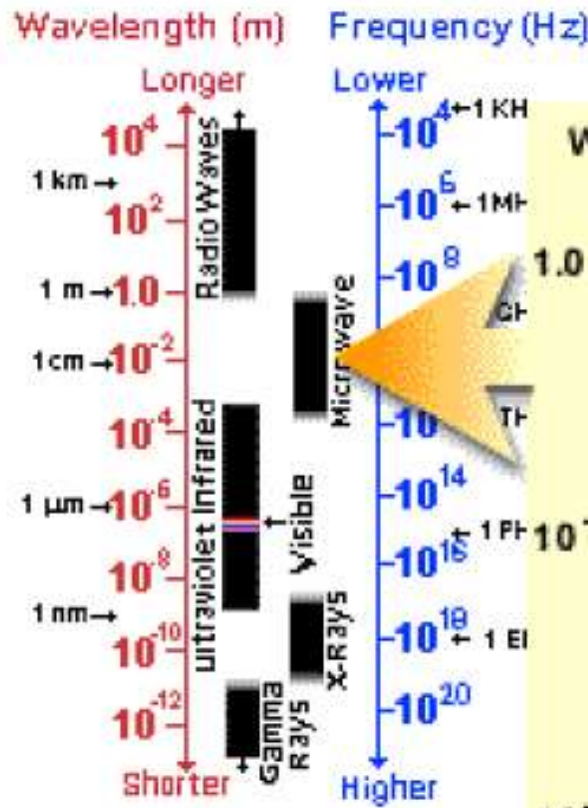
Projeto **Radam** (Projeto Radar da Amazônia, após 1975, Projeto **RadamBrasil**), operado entre 1970 e 1985 no âmbito do Ministério das Minas e Energia, foi dedicado à cobertura de diversas regiões do território brasileiro (em especial a Amazônia) por imagens aéreas de radar, captadas por avião. O uso do radar permitiu colher imagens da superfície, sob a densa cobertura de nuvens e florestas. Com base na interpretação dessas imagens foi realizado um amplo estudo integrado do meio físico e biótico das regiões abrangidas pelo projeto, que inclui textos analíticos e mapas temáticos sobre geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra e capacidade de uso dos recursos naturais renováveis, que até hoje é utilizado como referência nas propostas de zoneamento ecológico da Amazônia brasileira.

Em 1985, a equipe que realizou este levantamento e todo o acervo técnico foram incorporados ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O projeto foi iniciado com o nome de Radam, apenas, pois com o auxílio de um avião leve equipado com radares. Em julho de 1975 passou a se chamar RadamBrasil, sendo ampliado para todo o território nacional, e foi um dos maiores projetos já realizados, buscando o levantamento de recursos naturais, incluindo geologia, geomorfologia, vegetação e uso do solo. Também permitiu um maior reconhecimento do território brasileiro.

A plataforma utilizada nos dois projetos foi o avião Caravelle. A altitude média do levantamento foi de 12 km e a velocidade média da aeronave, 690 km/h. O sistema de imagens utilizado foi o GEMS (Goodyear Mapping System 1000), que opera na banda X (comprimentos de onda próximos a 3 cm e frequência entre 8 e 12,5 GHz).

Faixas das micro-ondas



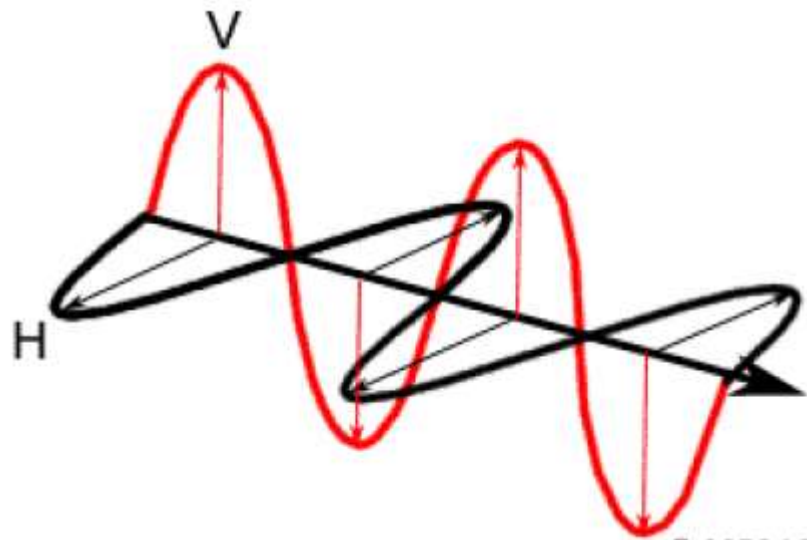
Microwaves

Wavelength (metres)	Frequency (GHz)
P-band 30-100 cm	0.3
L-band 15-30 cm	1
S-band 7.5-15 cm	2
C-band 3.75-7.5 cm	4
X-band 2.4-3.75 cm	8
KU-band 1.67-2.4 cm	12.5
K-band 1.1-1.67 cm	18
Ka-band 0.75 - 1.1 cm	26.5
millimetre band	40
sub-millimetre band	

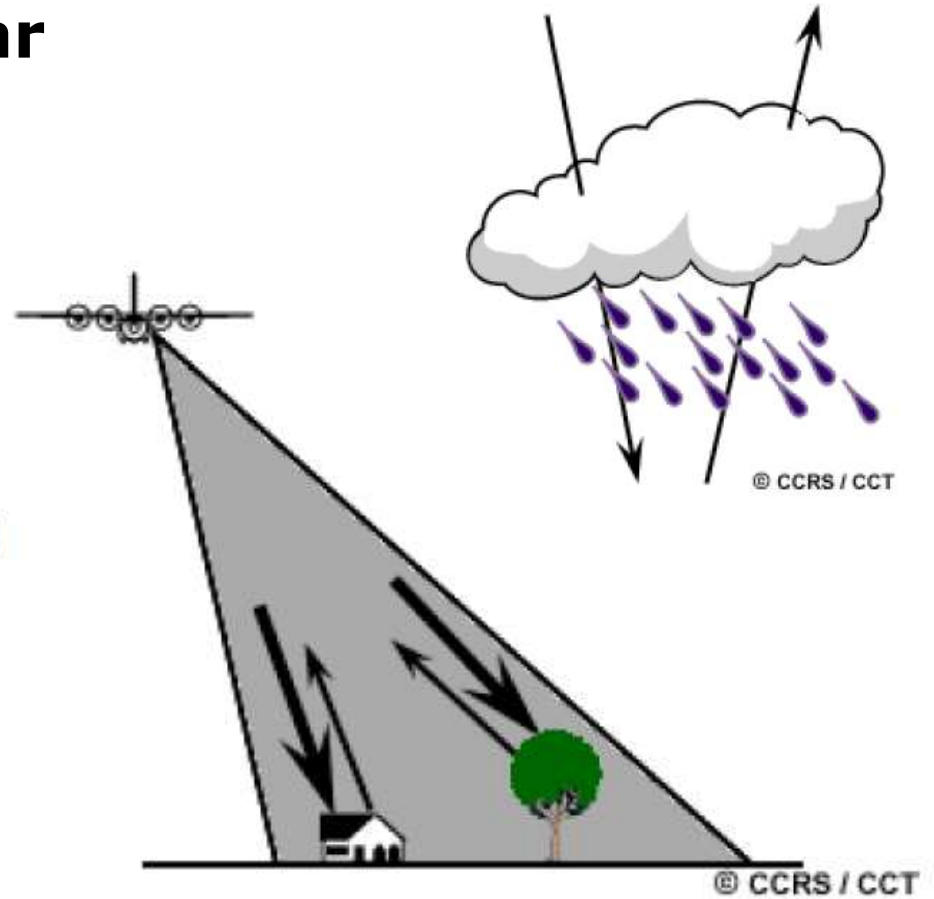
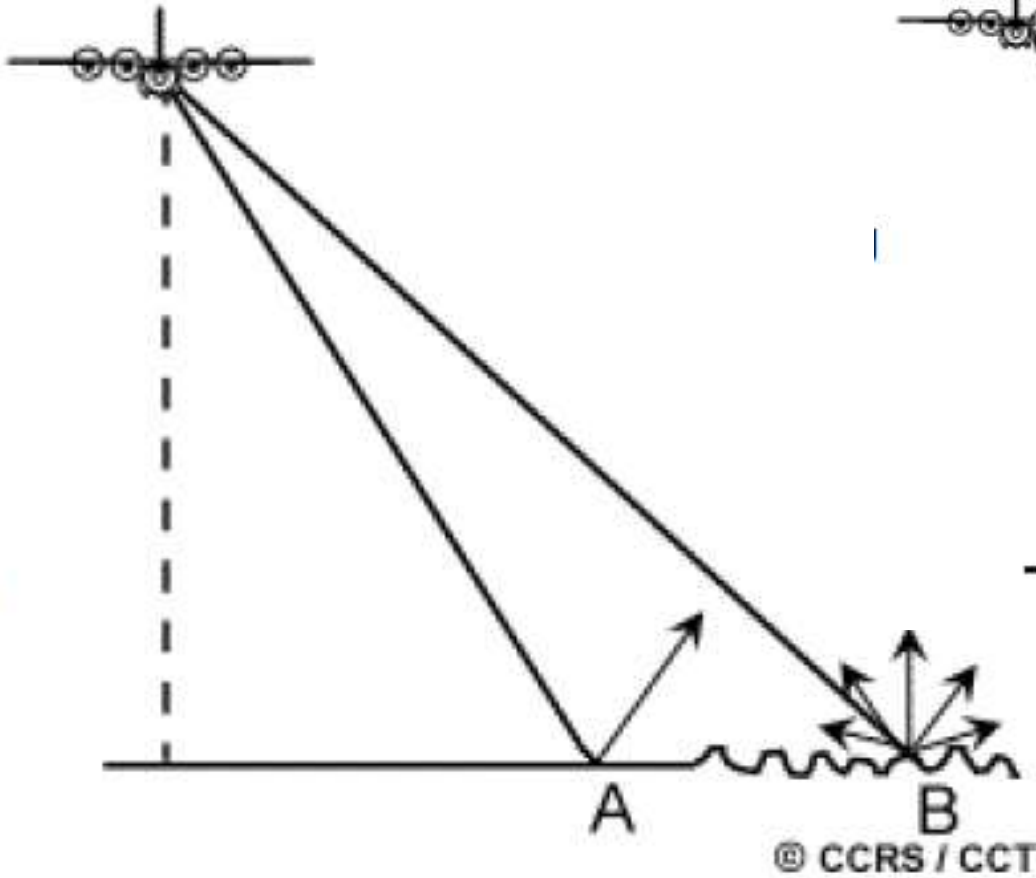
Polarização

H = Horizontal

V = Vertical



Imageamento por Radar



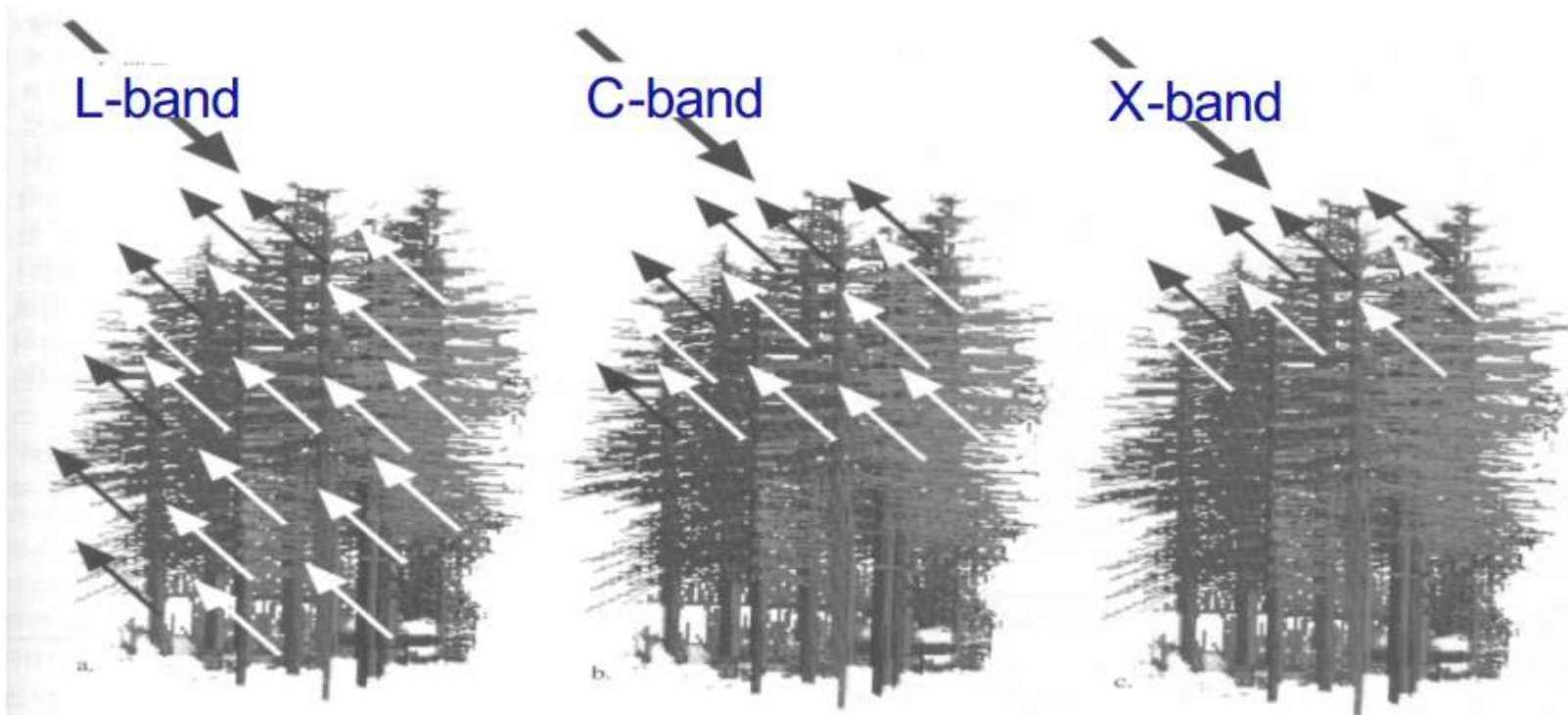
Superfície lisa = pouco retorno de sinal para a antena SAR.
Superfície rugosa = maior retorno de sinal para a antena SAR.

Principais Sistemas Orbitais SAR

Tabela 1. Principais sistemas orbitais com SAR. Melhor resolução em metros (range; azimute). Do SEASAT ao PALSAR-1 as missões foram completadas (fonte: atualização de Ouchi 2013).

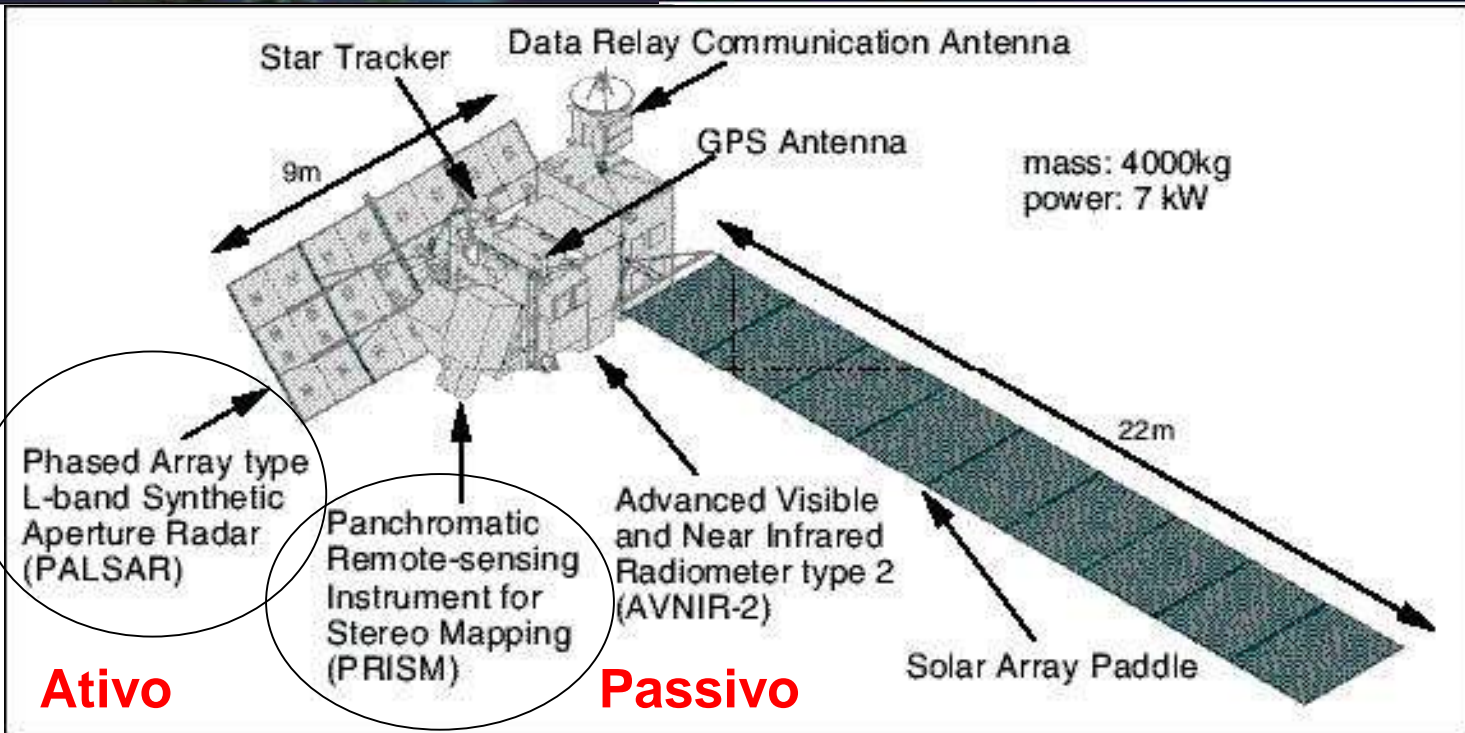
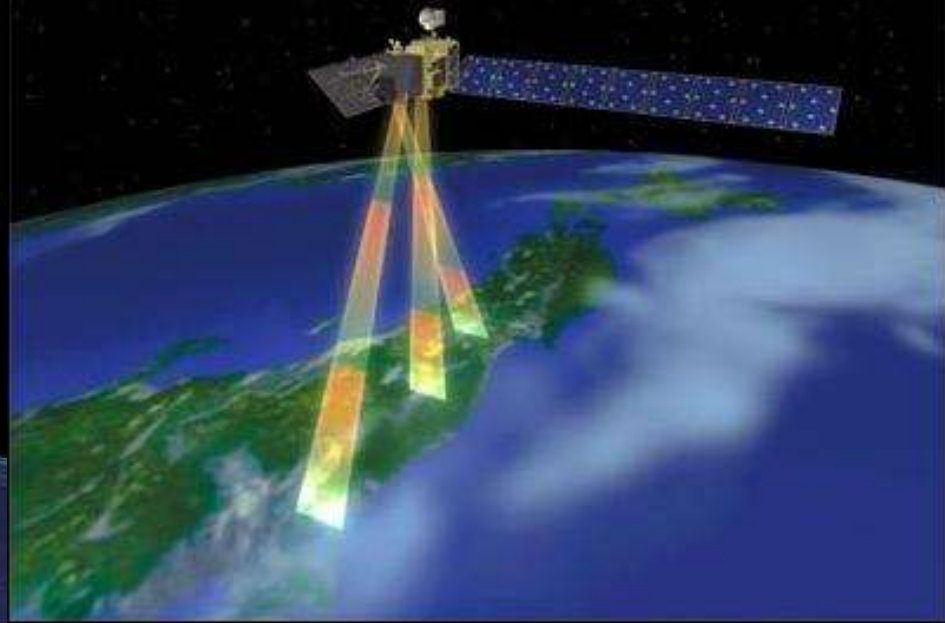
satélite	agência/país	ano	banda	resolução	polarização	peso kg
SEASAT	NASA/EUA	1978	L	6; 25	HH	2.290
SIR-A	NASA/EUA	1981	L	7; 25	HH	idem
SIR-B	NASA/EUA	1984	L	6; 13	HH	idem
ERS-1	ESA	1991	C	5; 25	VV	2.400
ERS-2	ESA	1995		5; 25	VV	2.400
ALMAZ	URSS	1991	S	8; 15	HH	3.420
JERS-1	NASDA/Japão	1992	L	6; 18	HH	1.400
SIR-C/ X-SAR	NASA/EUA, DLR/Alemanha ASI/Itália	1994	L, C X	7, 5; 13 6; 10	Quad VV	11.000
RADARSAT-1	CSA/Canadá	1995	C	8; 8	HH	3.000
SRTM	NASA/EUA DLR/Alemanha	2000	C X	15; 8 8; 19	Dual VV	13.600
ASAR	ESA	2002	C	10; 30	Dual	8.211
PALSAR-1	JAXA/Japão	2006	L	5; 10	Quad	3.850
SAR LUPE	Alemanha	2006/08	X	0,5; 0,5	Quad	770
RADARSAT-2	CSA/Canadá	2007	C	3; 3	Quad	2.200
Cosmo-Skymed	ASI/Itália	2007-10	X	1; 1	Quad	1.700
TerraSAR-X	DLR/Alemanha	2007	X	1; 1	Quad	1.230
TanDEM-X	DLR/Alemanha	2009	X	1; 1	Quad-	1.230
RISAT-1	ISRO/INDIA	2012	C	3; 3	Quad	1.858
KOMPSAT-5	KARI/Coreia Sul	2013	X	1; 1	Quad	1.400
SENTINEL-1	ESA	2014	C	5; 5	Dual	2.300
PALSAR-2	JAXA	2014	L	3, 1	Quad	2.000

Poder de Penetração do Radar SAR



ALOS

VÁRIOS SENSORES: PASSIVO E ATIVO



EarthNow!

Landsat Image Viewer



Now Showing: Landsat 7

Visualização de passagem de satélite em tempo (quase) real

http://earthnow.usgs.gov/earthnow_app.html

High Definition Earth Viewing (HDEV) & International Space Ship (ISS)

As câmeras de visualização da Terra em alta definição (HDEV) foram um pacote de carga útil entregue à Estação Espacial Internacional (ISS) na missão SpaceX CRS-3, lançada em 18 de abril de 2014. O conjunto de câmeras de visualização da Terra de alta definição foi transportado a bordo da espaçonave Dragon e está configurado em uma plataforma no exterior do módulo de laboratório Columbus da Agência Espacial Europeia. Foi o primeiro grande experimento não pressurizado da NASA a ser designado para entrega à Estação Espacial Internacional pela SpaceX. O sistema é composto por quatro câmeras comerciais de vídeo de alta definição que foram construídas para gravar vídeo da Terra de vários ângulos, montadas na Estação Espacial Internacional. As câmeras transmitiram vídeos ao vivo da Terra para serem vistos online e na TV da NASA no programa *Earth Views*. O vídeo gravado anteriormente agora é reproduzido em sites públicos de streaming.

Em 22 de agosto de 2019, o experimento chegou ao fim de sua vida útil. Originalmente previsto para funcionar de 1 a 3 anos, continuou por mais de 5 anos, alcançando mais de 318 milhões de visualizações. O sistema HDEV foi removido do módulo Columbus em 7 de maio de 2020 e transferido para a espaçonave de reabastecimento Cygnus NG-13 para descarte por meio de reentrada destrutiva no final de sua missão.

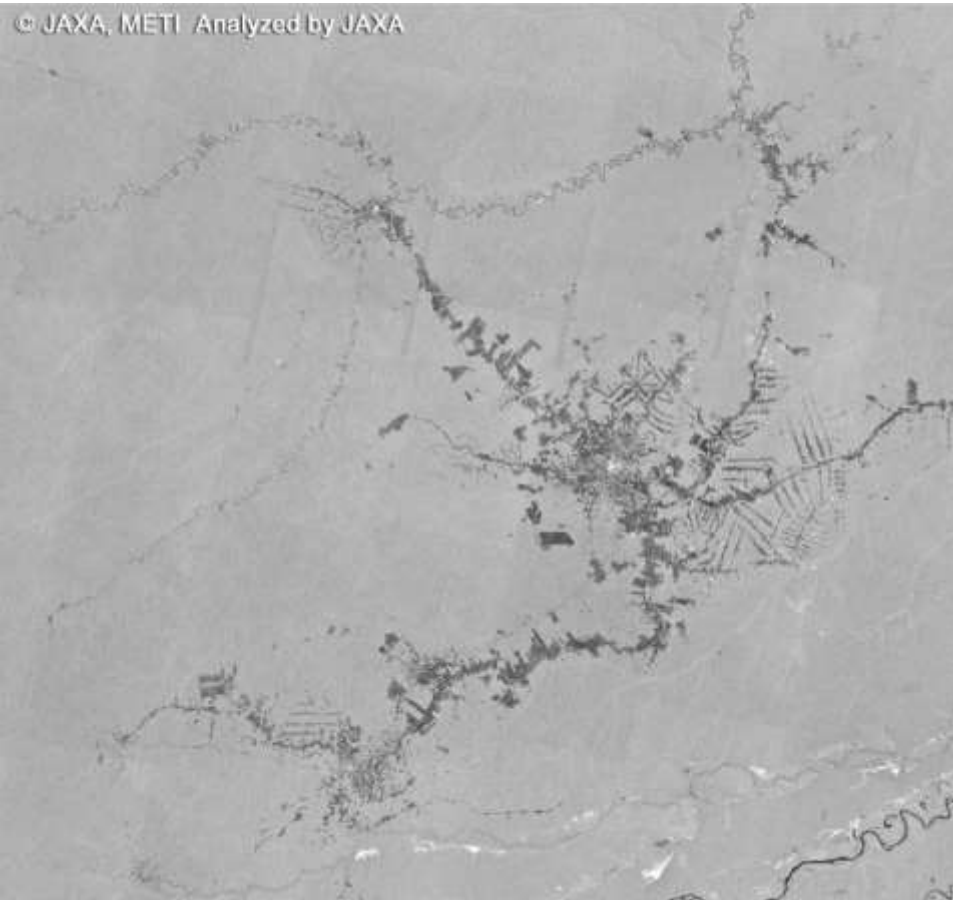
VISUALIZAÇÃO DE PASSAGEM DA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

WHERE IS THE INTERNATIONAL SPACE STATION?

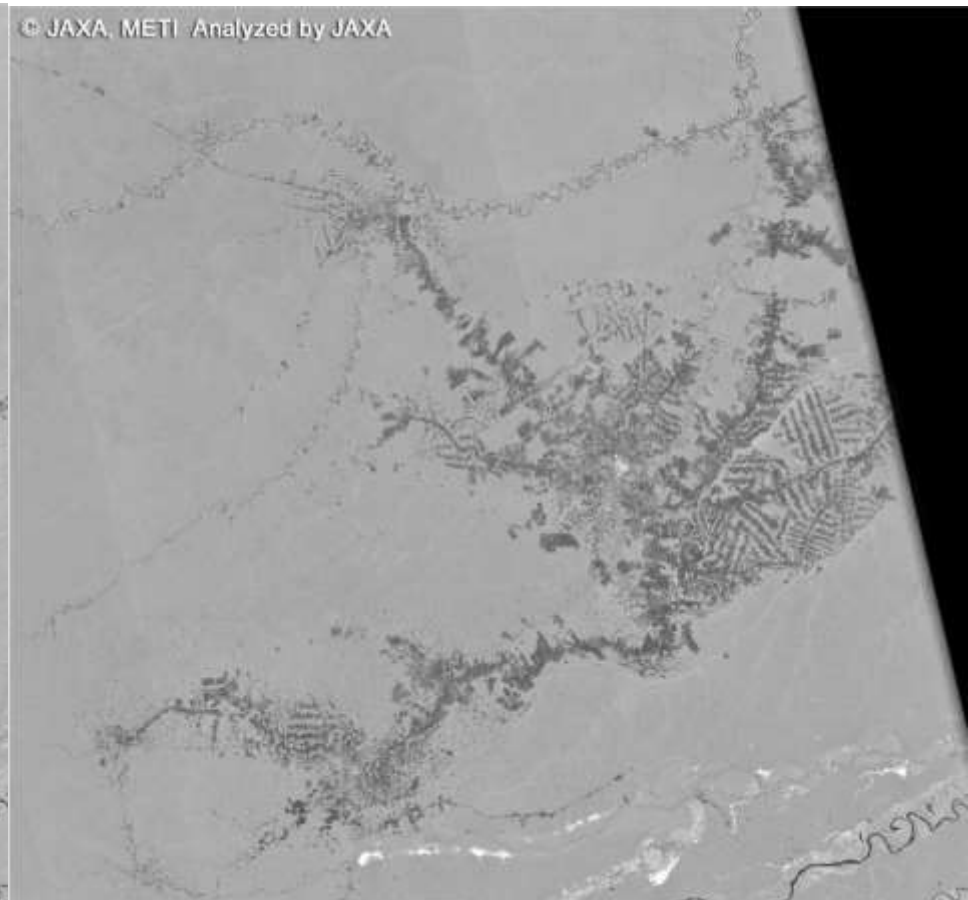


<http://www.ustream.tv/channel/iss-hdev-payload>

Imagens de Radar do JERS e PALSAR na Amazônia Brasileira



JERS-1995



ALOS-PALSAR-2006

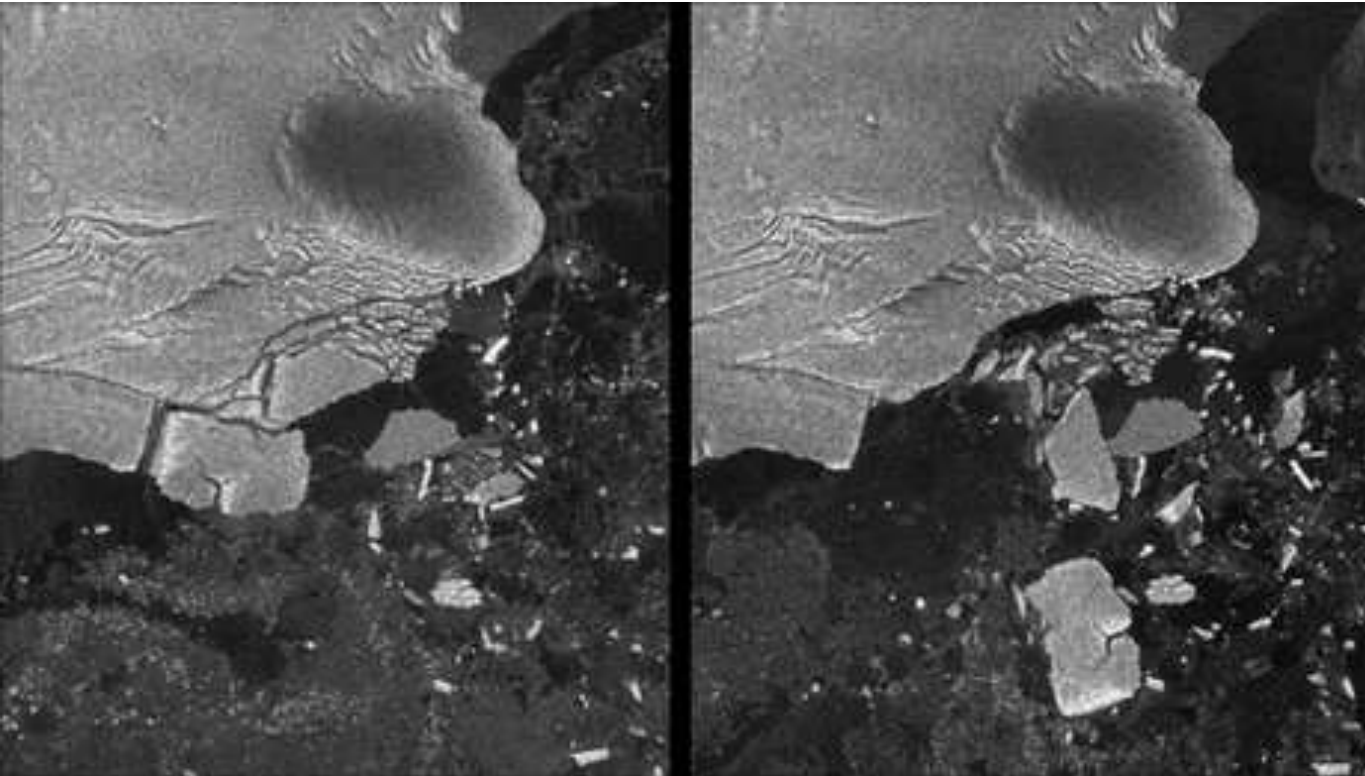
RADARSAT



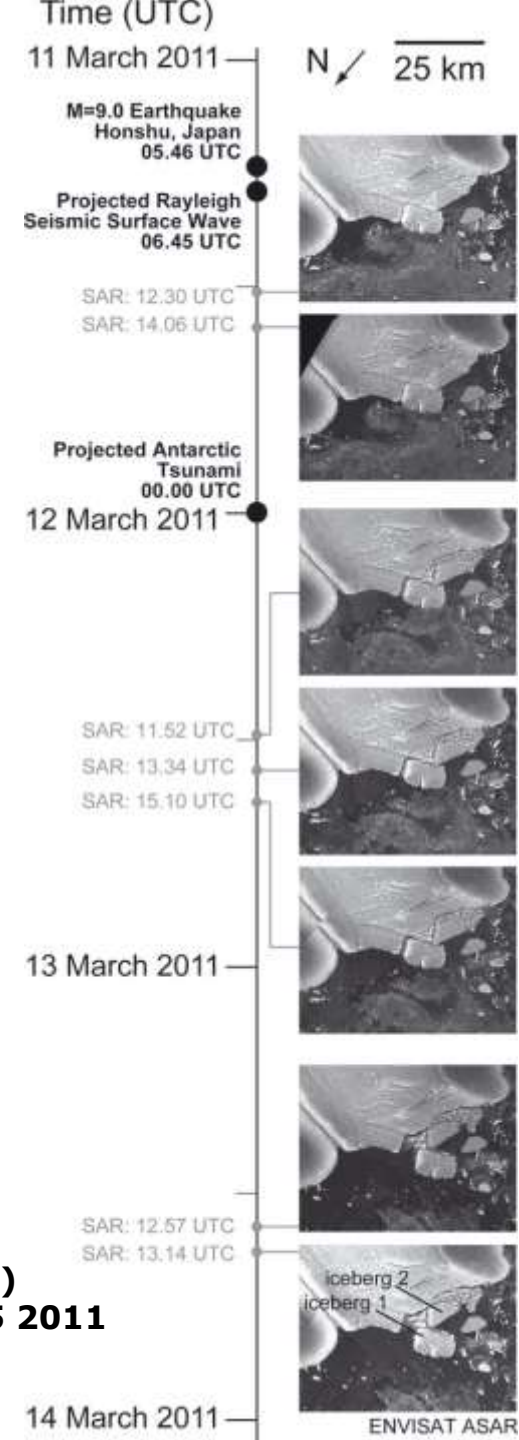
Exsudações de óleo
(manchas pretas circulares)
detectadas em imagem
RADARSAT ScanSAR Narrow
do Green Canyon, Golfo do Mexico

http://www.threetek.com.br/oleo_apl.php

ENVISAT ASAR

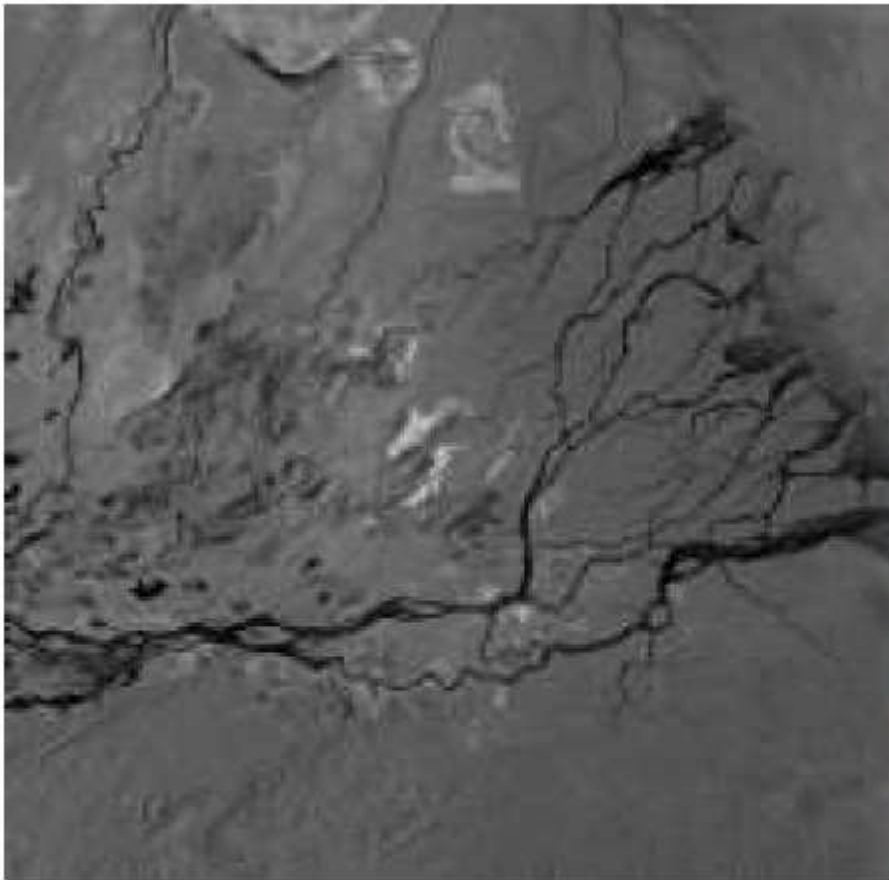


**Images captured by Envisat on 12 (l) and the 16 (r)
of March show ice breaking off into the sea**



**BRUNT et al. Antarctic ice-shelf calving triggered by the Honshu (Japan)
earthquake and tsunami, March 2011. Journal of Glaciology, Vol. 57, No. 205 2011**

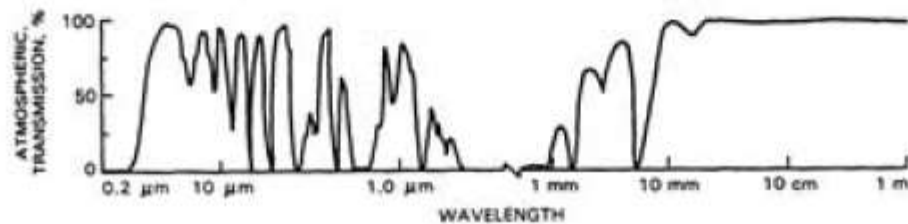
Pouca Interferência Atmosférica



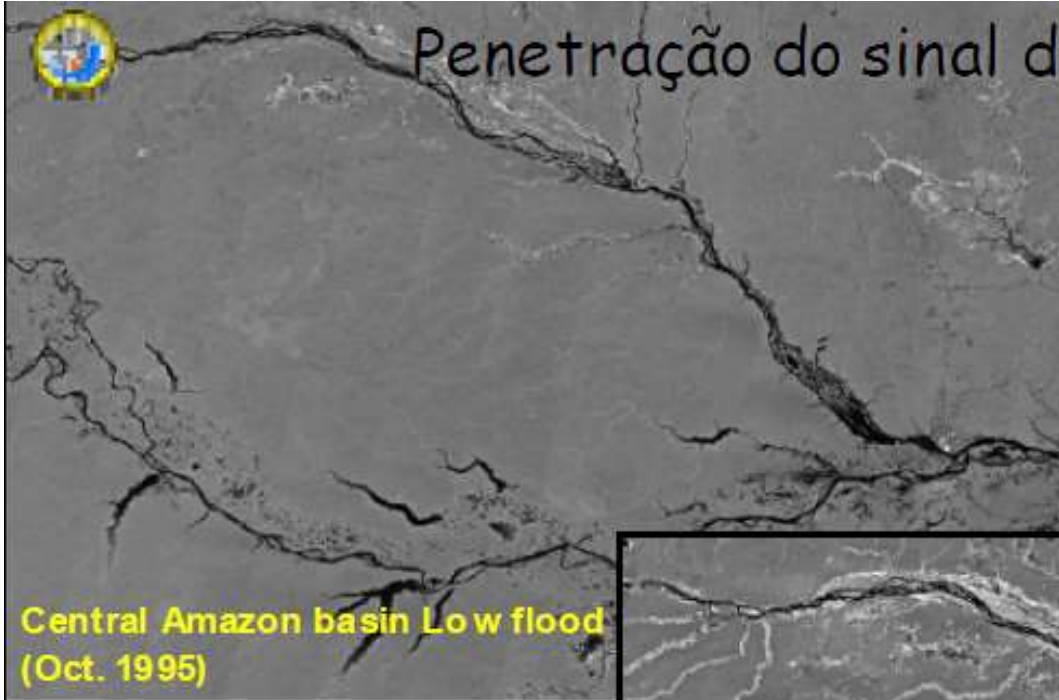
Radarsat - Banda-C



Landsat - TM 345



Penetração e Interação com a Água



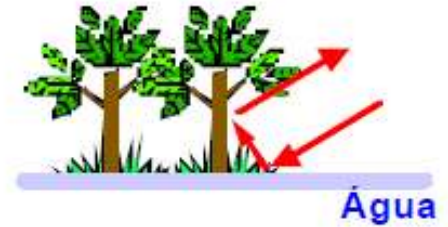
Central Amazon basin Low flood
(Oct. 1995)



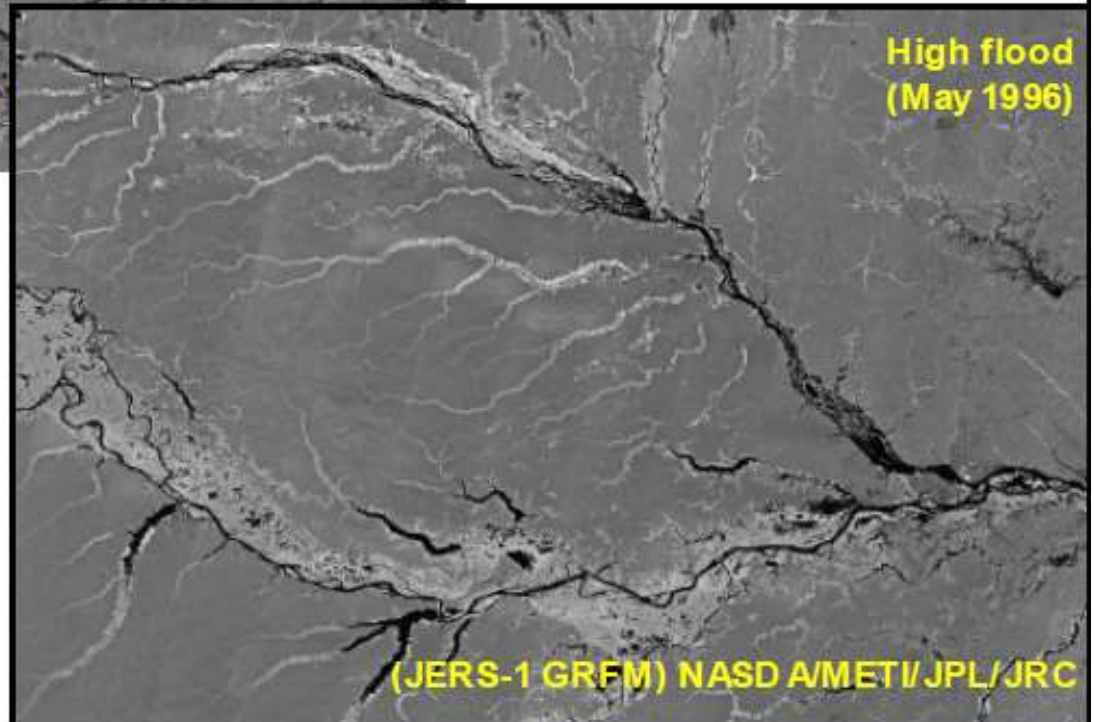
Imagens JER S-1
(Banda L)
(Rios Negro & Solimões)

Penetração do sinal de radar

Deteção de padrões espaciais
e temporais de florestas inundadas



High flood
(May 1996)



(JERS-1 GRFM) NASD AMETI/JPL/JRC

PRINCIPAIS TIPOS DE SISTEMAS SENSORES

- ❖ Câmeras Fotográficas
- ❖ Scanners (Sistemas de Varredura Eletrônica)
- ❖ Radares Imageadores SAR

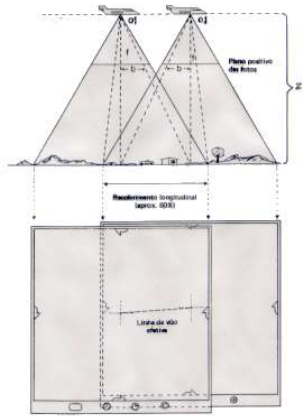
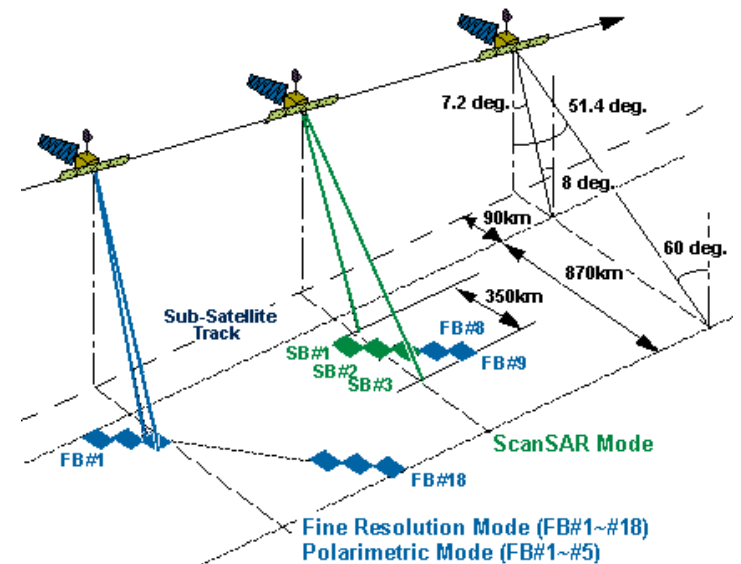
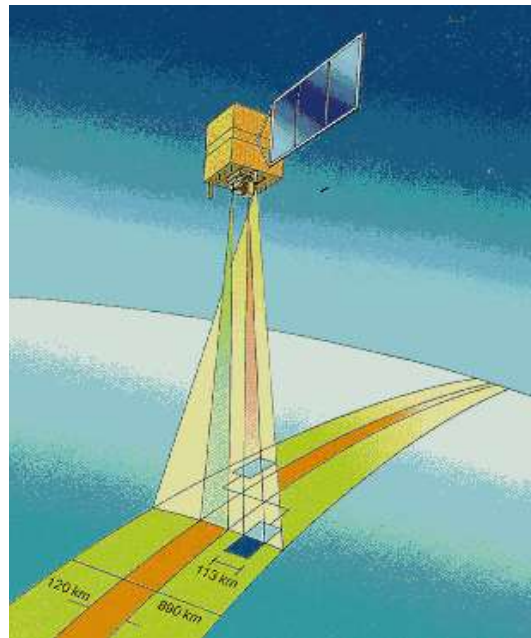
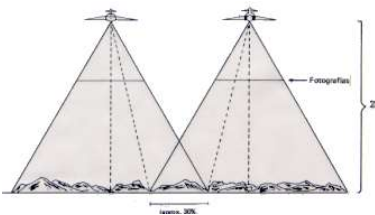


fig. 4.3 - Recobrimento longitudinal

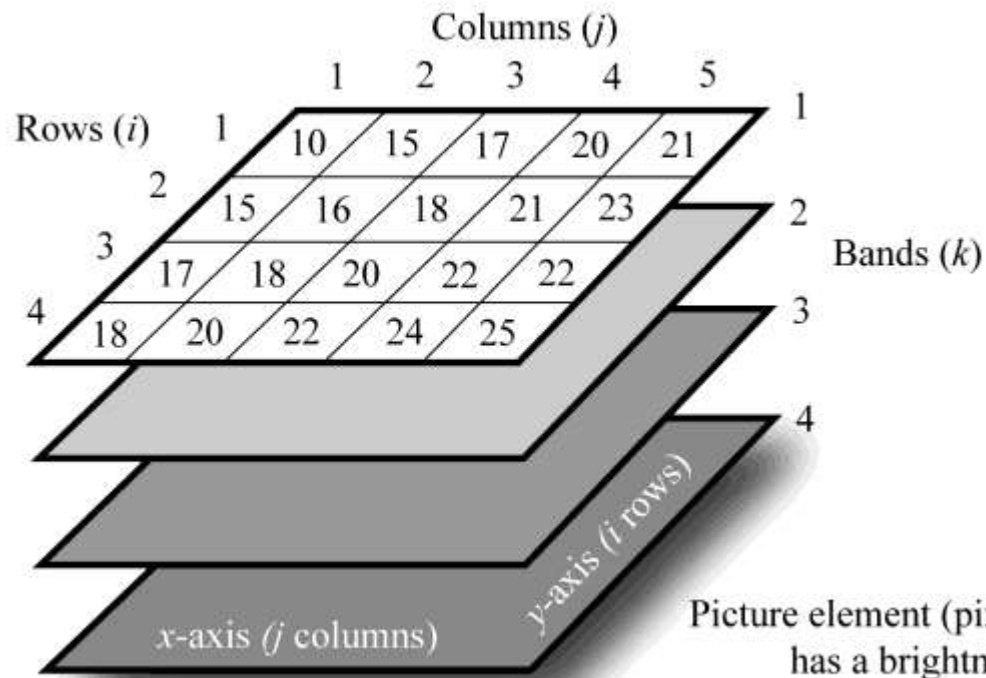


Características das Imagens e Tipos de Resolução

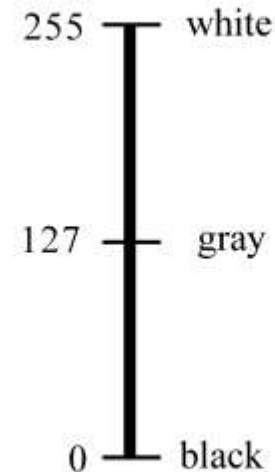
Características das Imagens

Remote Sensing Raster (Matrix) Data Format

Digital Image Terminology



Brightness value range (often 8-bit)

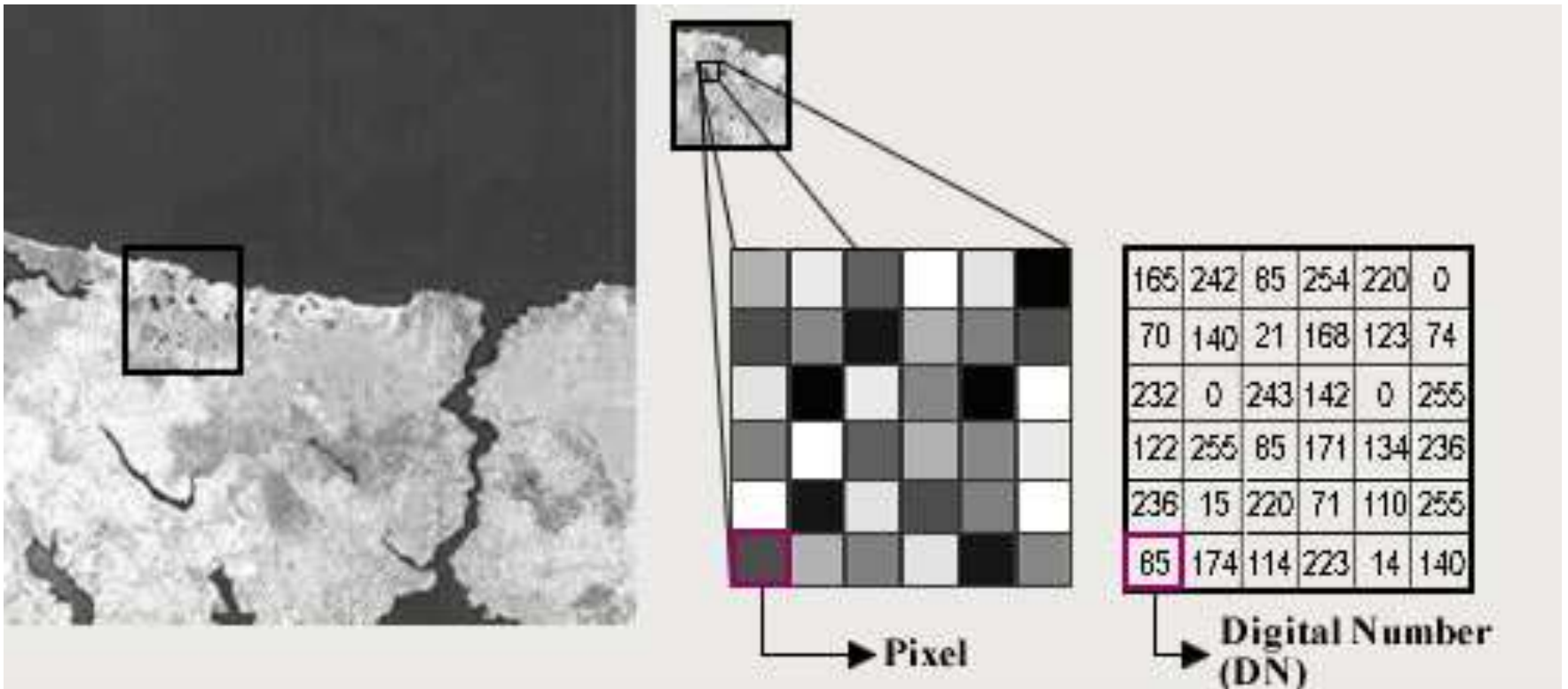


Associated grayscale

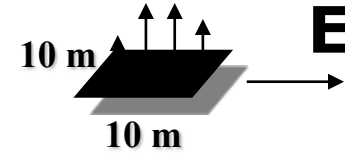


Picture element (pixel) at location row 4, column 4, band 1 has a brightness value of 24, i.e., $BV_{4,4,1} = 24$

Nível de Cinza (NC)



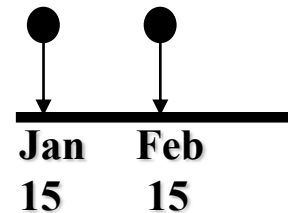
Tipos de Resolução



Espacial – capacidade de distinguir 2 objetos separados por uma determinada distância (relacionado ao tamanho do pixel).



Spectral - número e largura das bandas espectrais do sensor



Temporal - repetitividade do satélite (tempo entre as passagens pela mesma área)



Radiométrica -sensibilidade na detecção de pequenas diferenças na energia eletromagnética, expressa pelo número de tons de cinza (DNs)

DIFERENTES RESOLUÇÕES DAS IMAGENS SATELITAIS

- Resolução espacial (depende do tamanho do pixel)
- Resolução espectral (depende do número de bandas)
- Resolução radiométrica (depende da intensidade da radiação refletida expressada em tons de cinza)
- Resolução temporal (depende do tempo de repassagem do sensor expressado em dias)

DIFERENTES RESOLUÇÕES DAS IMAGENS SATELITAIS

- Resolução espacial (1 km, 250 m, 30 m, 5 m, 20 cm)
- Resolução espectral (7 bandas, 12 bandas, 250 bandas)
- Resolução radiométrica (8 bits, 11 bits, 12 bits)
- Profundidade de cor (256, 2048, 4096)
- Resolução temporal (16 dias, 1 dia, 12 horas)

Resolução Espacial: Classificação segundo o tamanho do pixel

- Muito Baixa (pixel maior que 1 km)
- Baixa (pixel maior que 200 m)
- Mediana (pixel maior que 10 m)
- Alta (pixel maior que 1 m)
- Hiper Alta (pixel menor que 1 m)

Também chamada de super-alta resolução ou submétrica.

Imagery of Harbor Town in Hilton Head, SC, at Various Nominal Spatial Resolutions



a. 0.5 x 0.5 m.



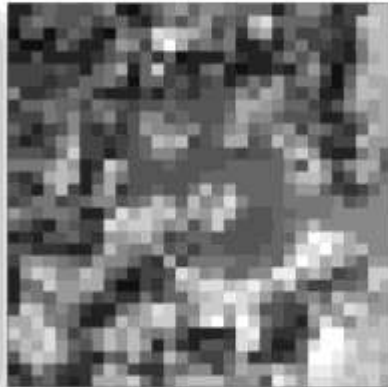
b. 1 x 1 m.



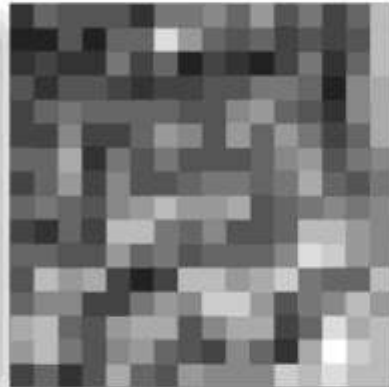
c. 2.5 x 2.5 m.



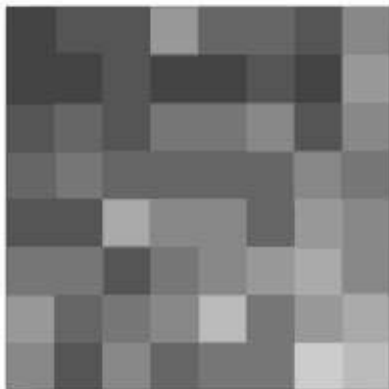
d. 5 x 5 m.



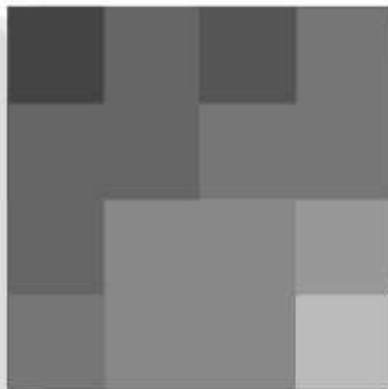
e. 10 x 10 m.



f. 20 x 20 m.

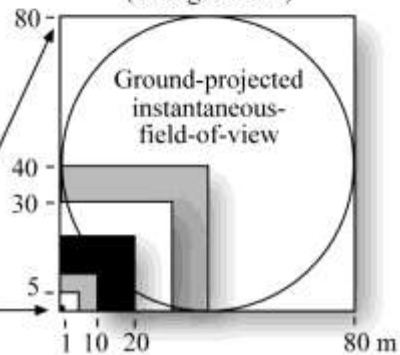


g. 40 x 40 m.



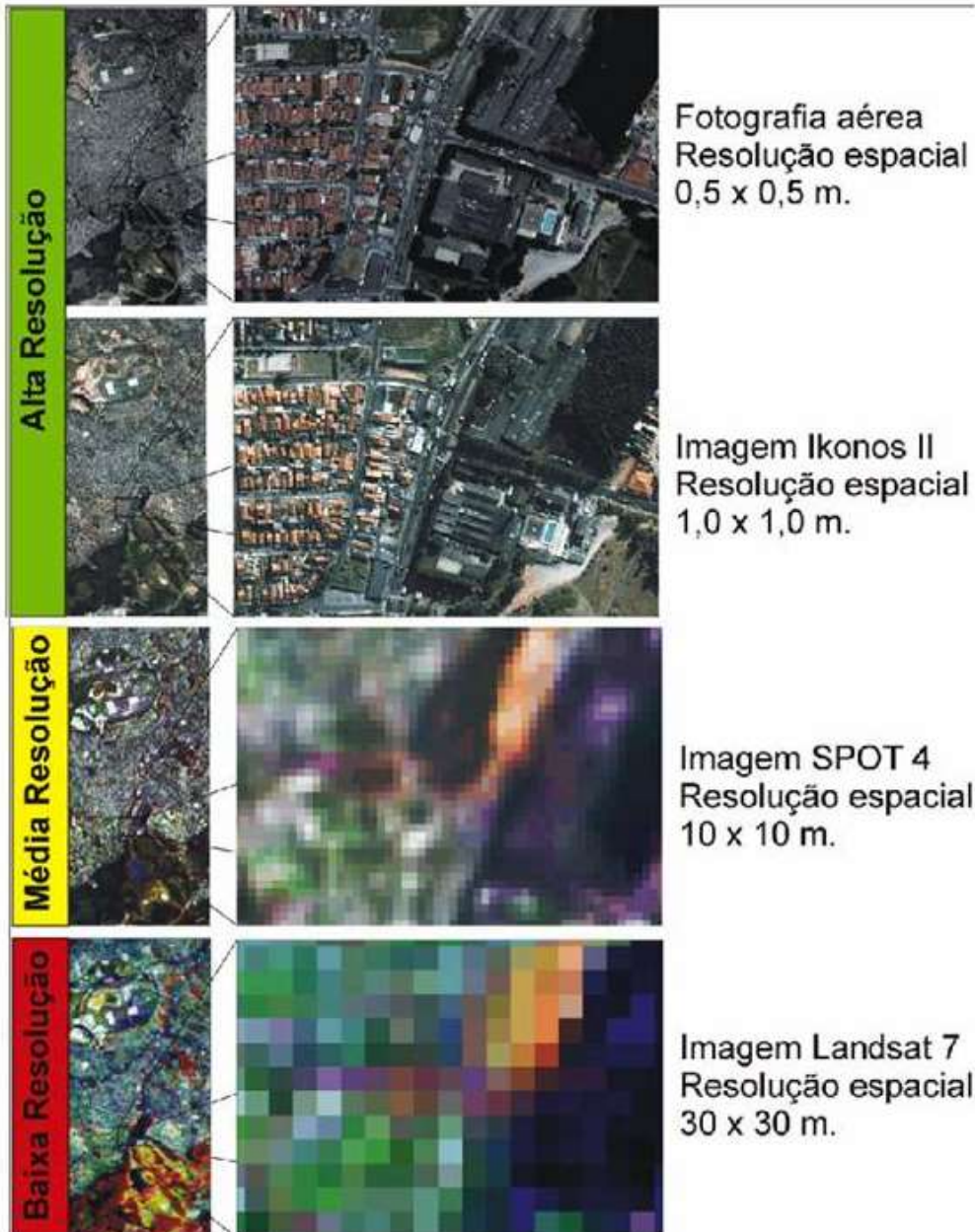
h. 80 x 80 m.

Nominal Spatial Resolution
(enlarged view)



Resolução Espacial

Imagens de diferentes resoluções espaciais



Fotografia aérea
Resolução espacial
0,5 x 0,5 m.

Imagem Ikonos II
Resolução espacial
1,0 x 1,0 m.

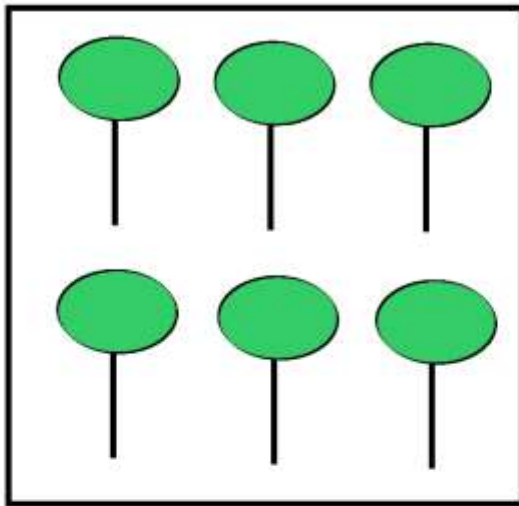
Imagem SPOT 4
Resolução espacial
10 x 10 m.

Imagem Landsat 7
Resolução espacial
30 x 30 m.

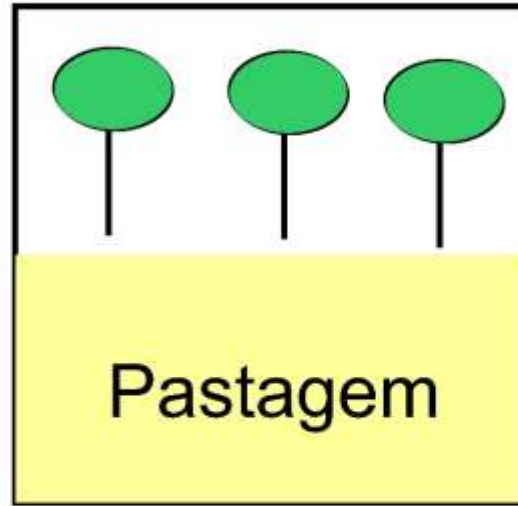
Fonte:
MELO, D. H. C. T. B. Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo / D. H. C. T. B. Melo. - São José dos Campos: INPE, 2002. 146p. - (INPE-9865-TDI/870).

Efeito de Mistura do Pixel

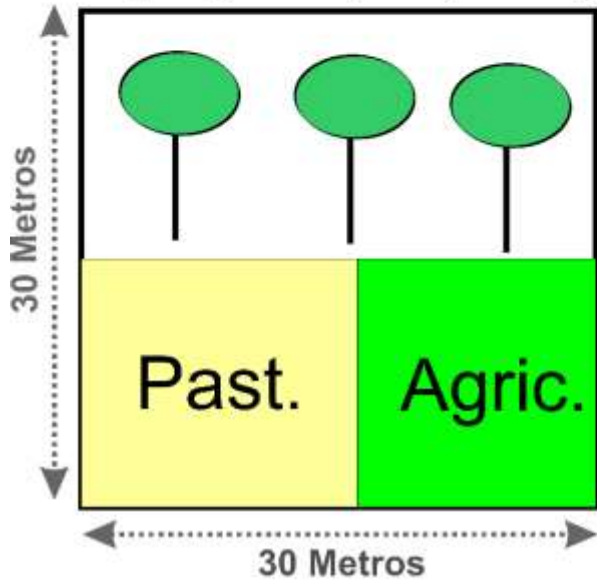
100% (Floresta)



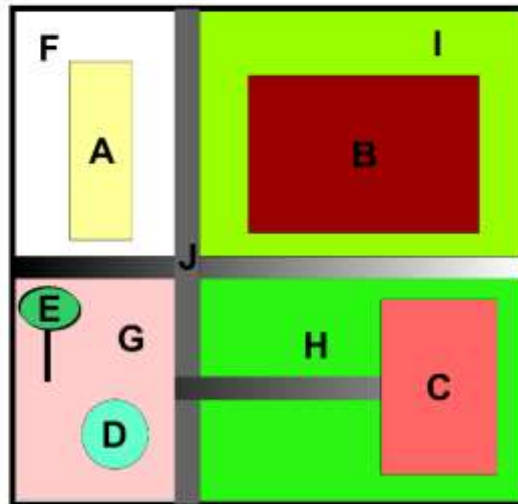
50% (Flor.) + 50% (Past.)



50% (Flor.) + 25% (Past.) + 25% (Agr.)



Área Urbana (A + B + C + ...)



A + B + C + D + E + F + G + H + I + J

Especialmente em aplicações urbanas, a resolução espacial do pixel precisa ser maior para diminuir o efeito de mistura.

IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT



IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT



IMAGEM DE SATÉLITE QUICK BIRD



0 .09 .18 .27
Kilometers

IMAGEM DE SATÉLITE QUICK BIRD

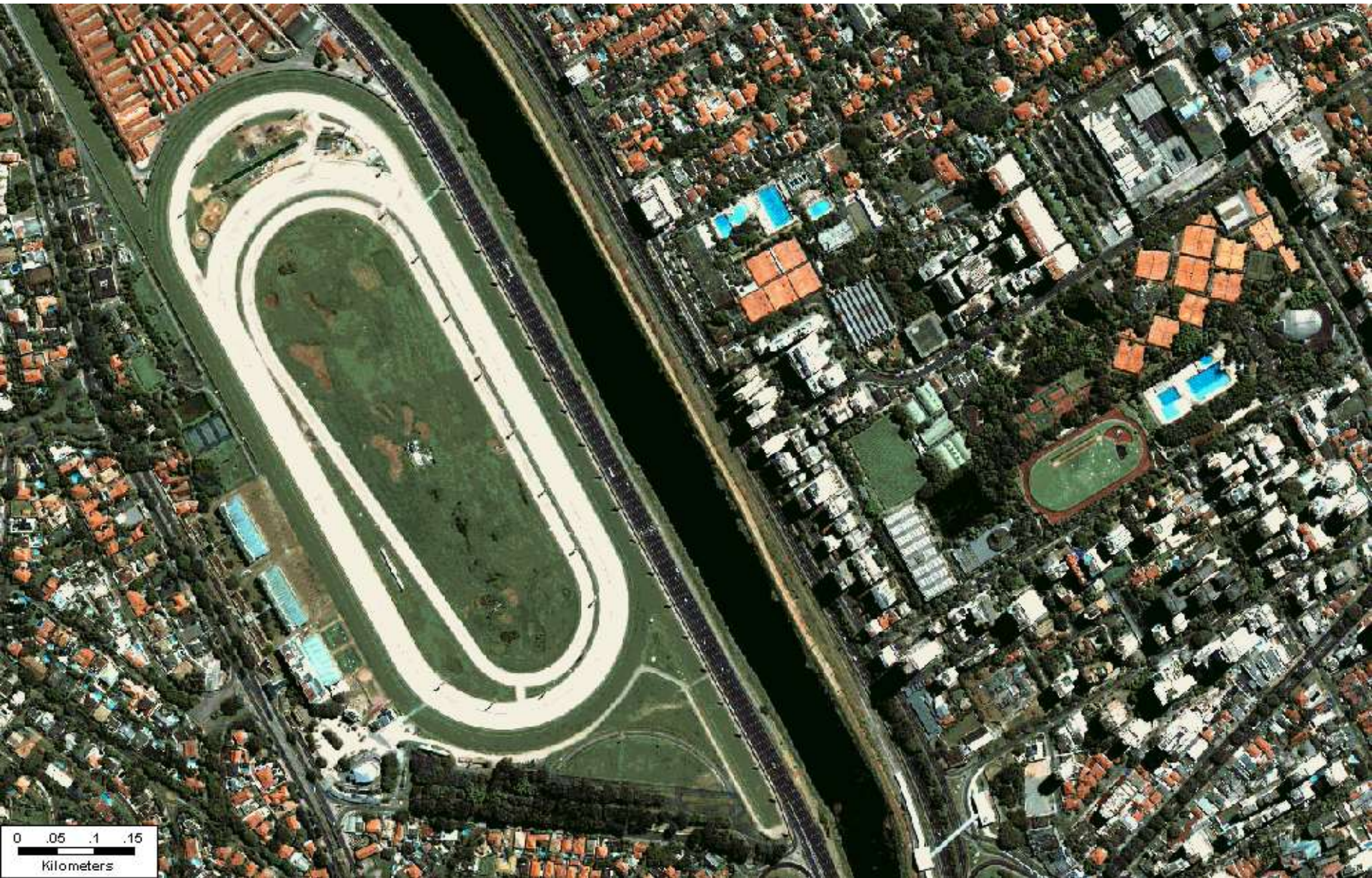


IMAGEM DE SATÉLITE QUICK BIRD



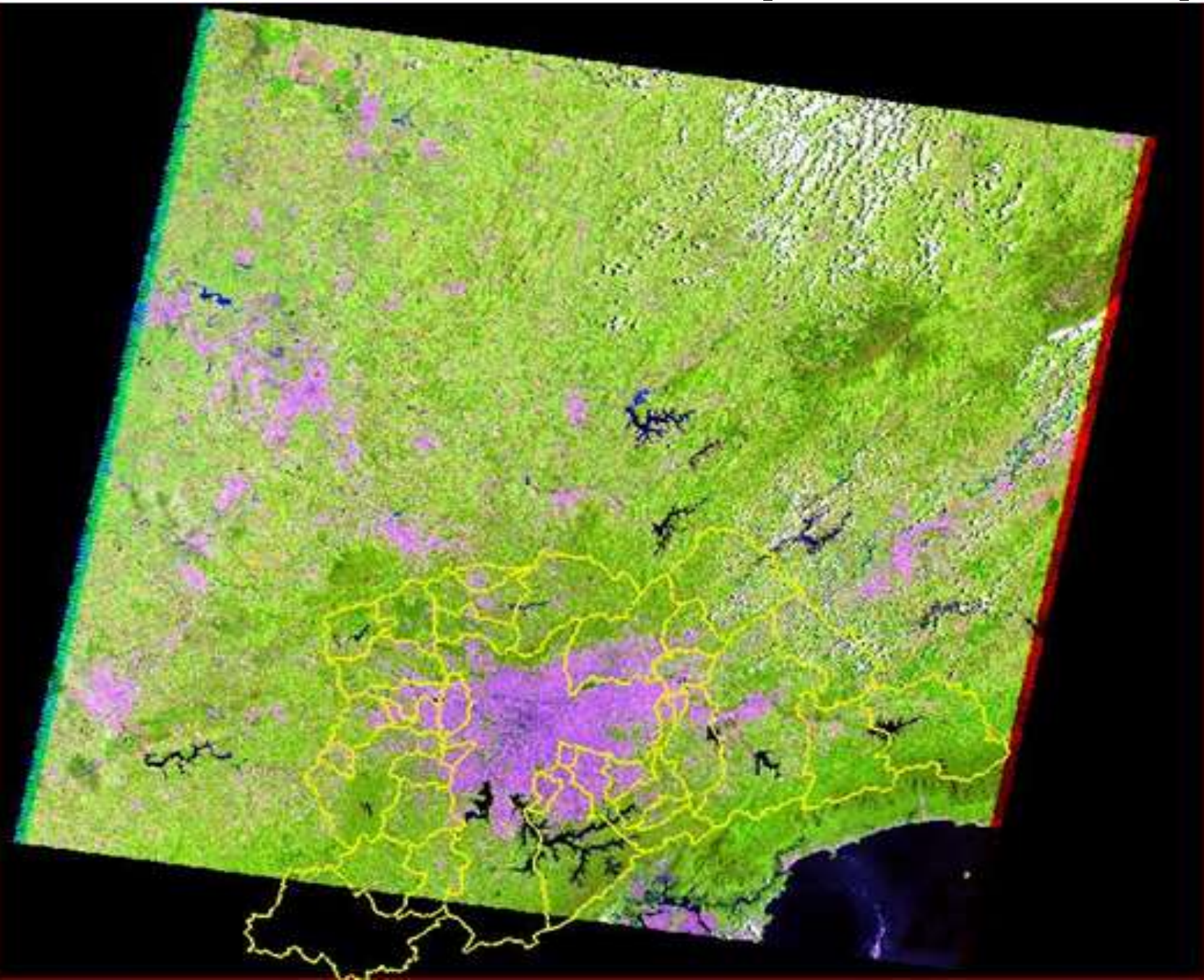


Machado (2002)



Esplanada dos Ministérios - Brasília/DF

IMAGEM LANDSAT (195 X 135 km)



Resolução
espacial
de 30 m.

IMAGEM LANDSAT (1:450.000)

Resolução espacial de 30 m.

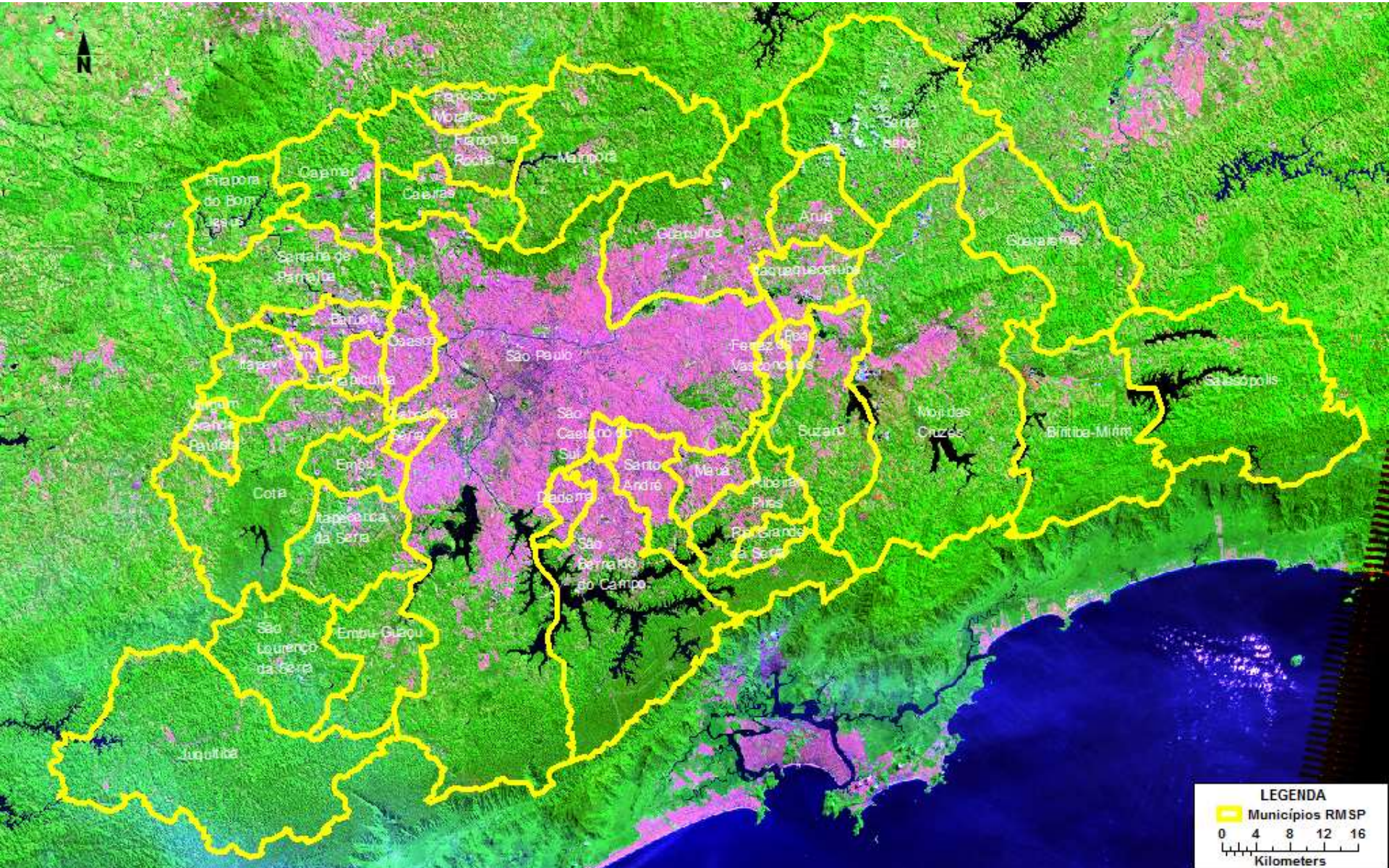


IMAGEM LANDSAT (1:200.000)

Resolução espacial de 30 m.

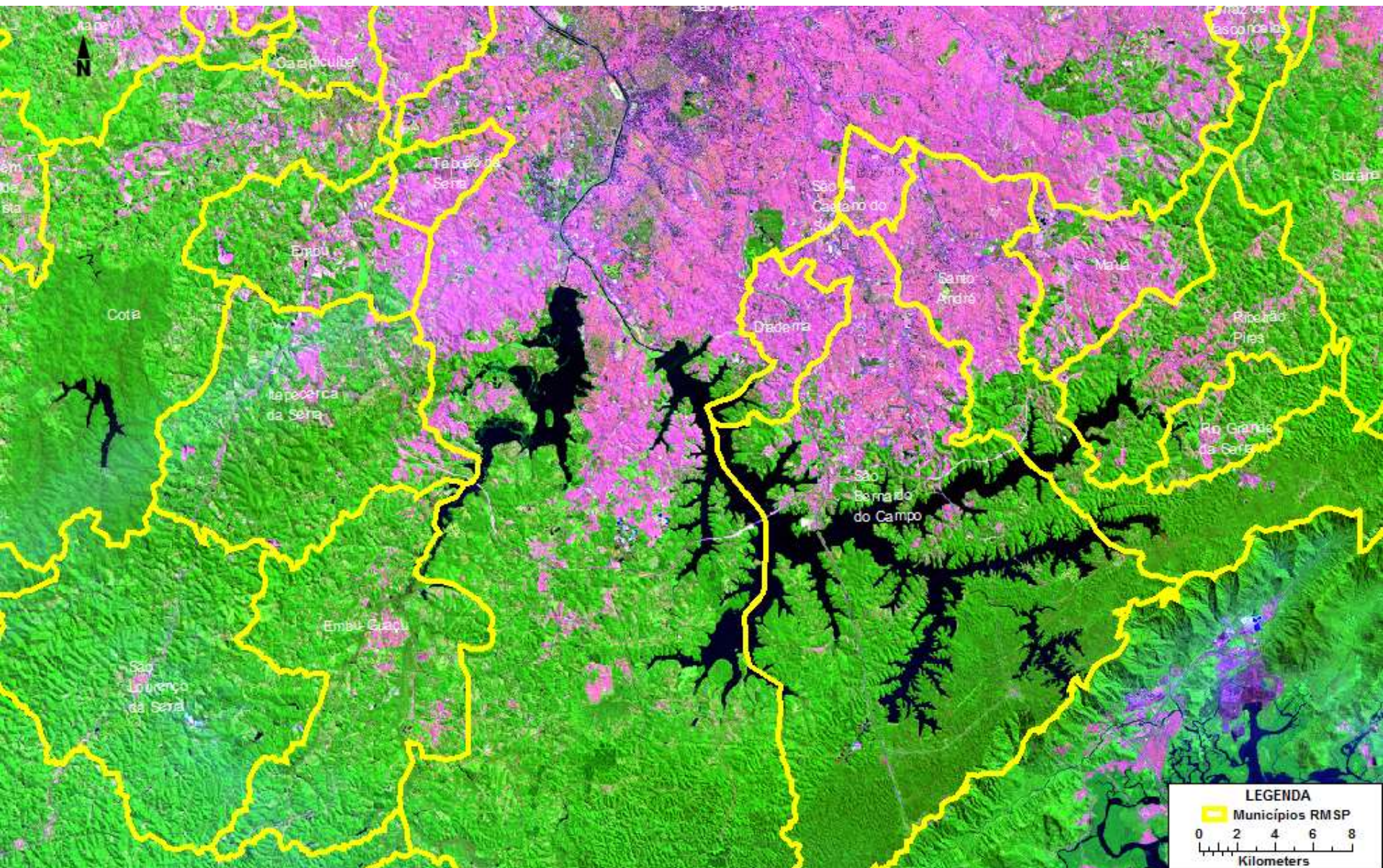


IMAGEM LANDSAT (1:100.000)

Resolução espacial de 30 m.

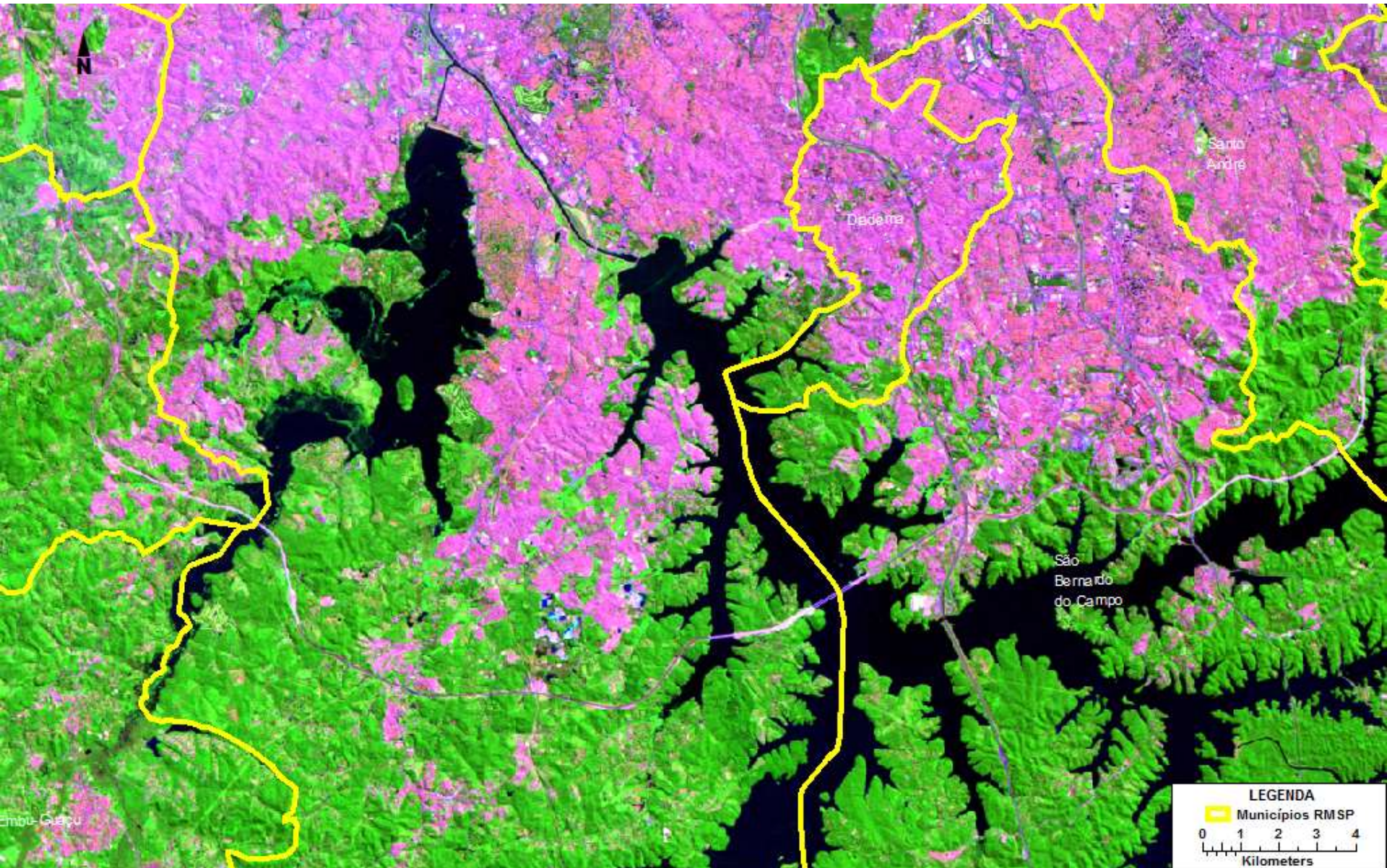


IMAGEM LANDSAT (1:50.000)

Resolução espacial de 30 m.

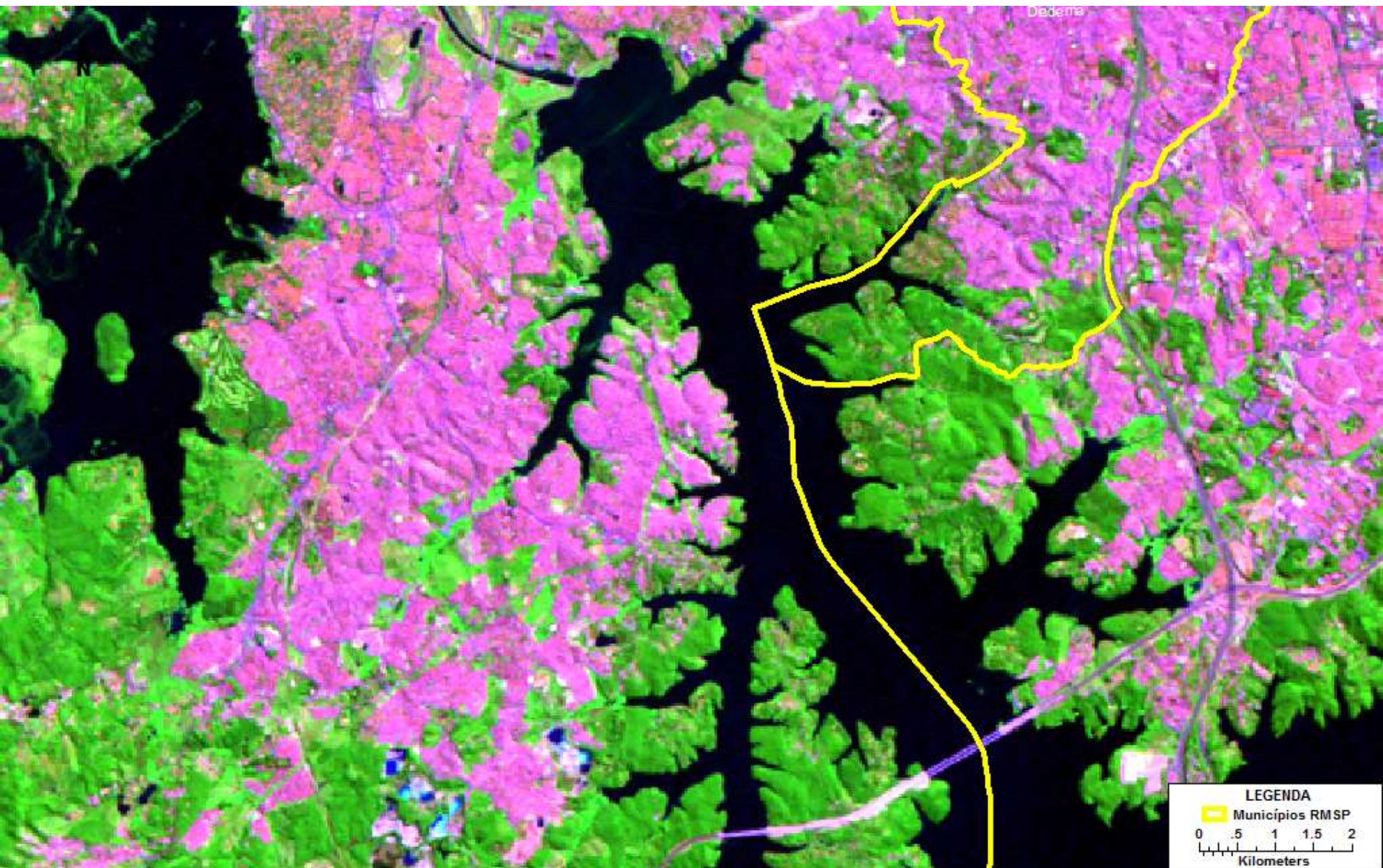


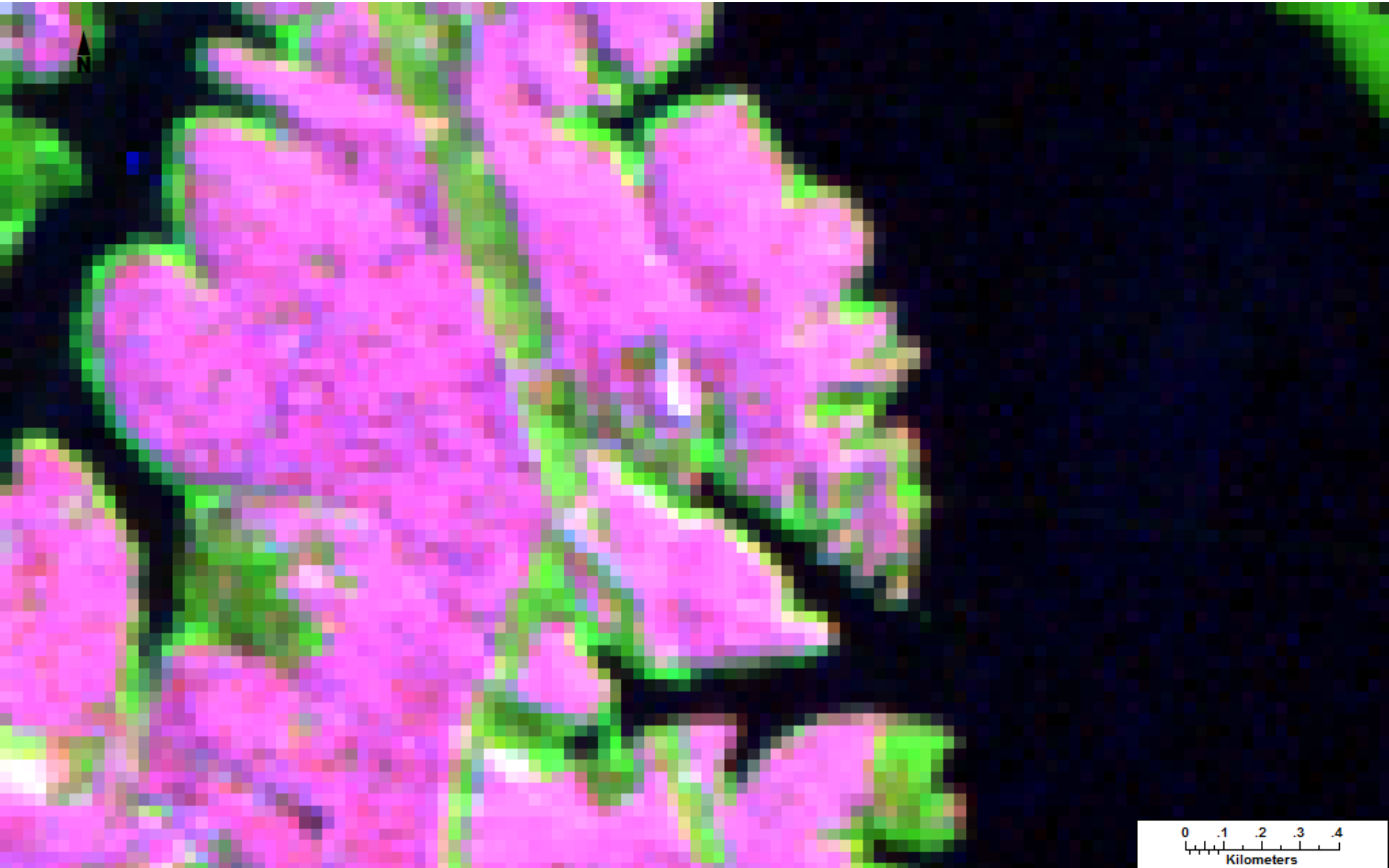
IMAGEM LANDSAT (1:25.000)

Resolução espacial de 30 m.



IMAGEM LANDSAT (1:10.000)

Resolução espacial de 30 m.



ORTOFOTO DIGITAL DE ALTA RESOLUÇÃO



ORTOFOTO DIGITAL DE ALTA RESOLUÇÃO



ORTOFOTO DIGITAL DE ALTA RESOLUÇÃO



ORTOFOTO DIGITAL DE ALTA RESOLUÇÃO

(1:500)



IMAGEM LANDSAT (1:10.000)

Resolução espacial de 30 m.

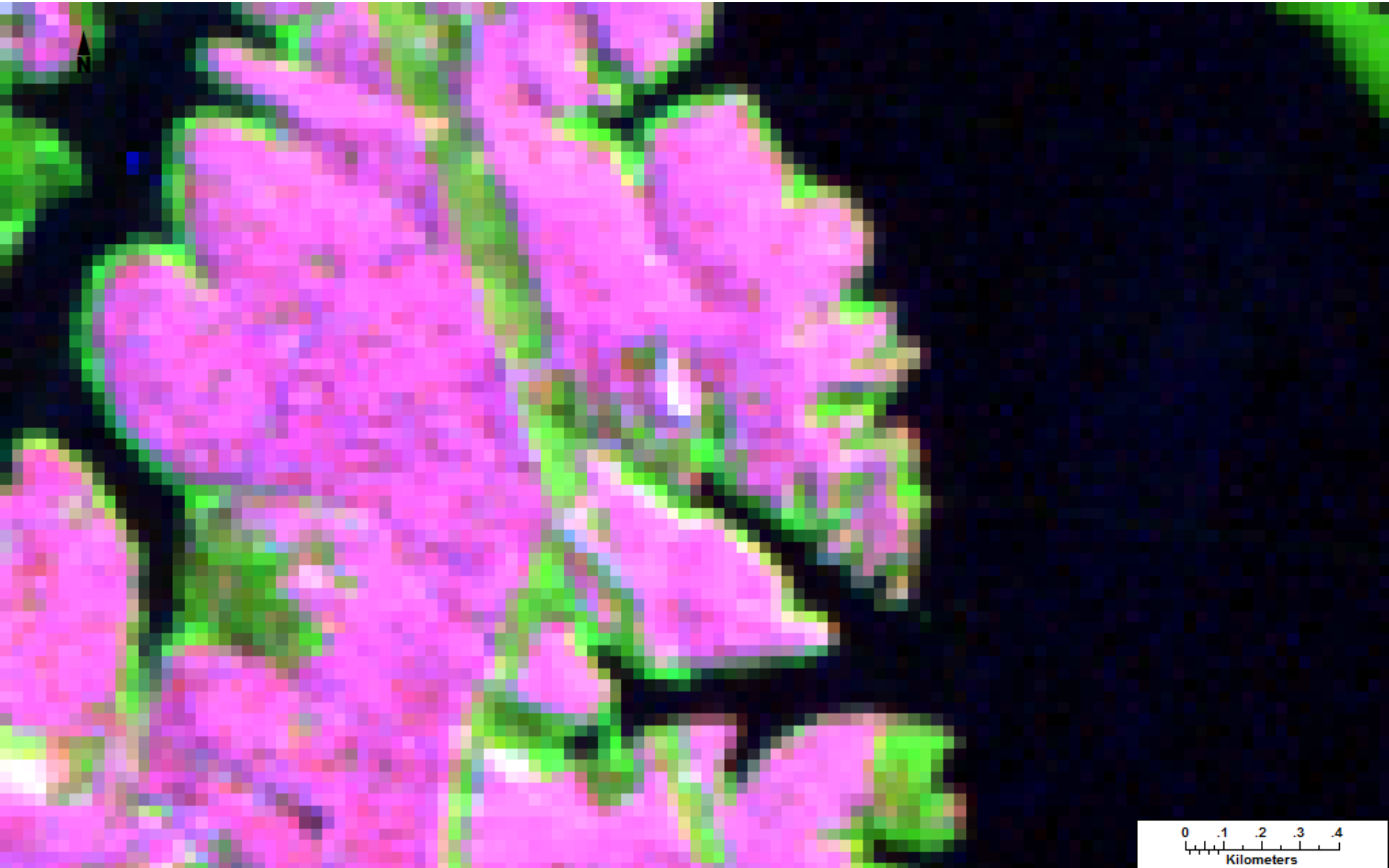


IMAGEM LANDSAT (escala: esquece 1)

Resolução espacial de 30 m.

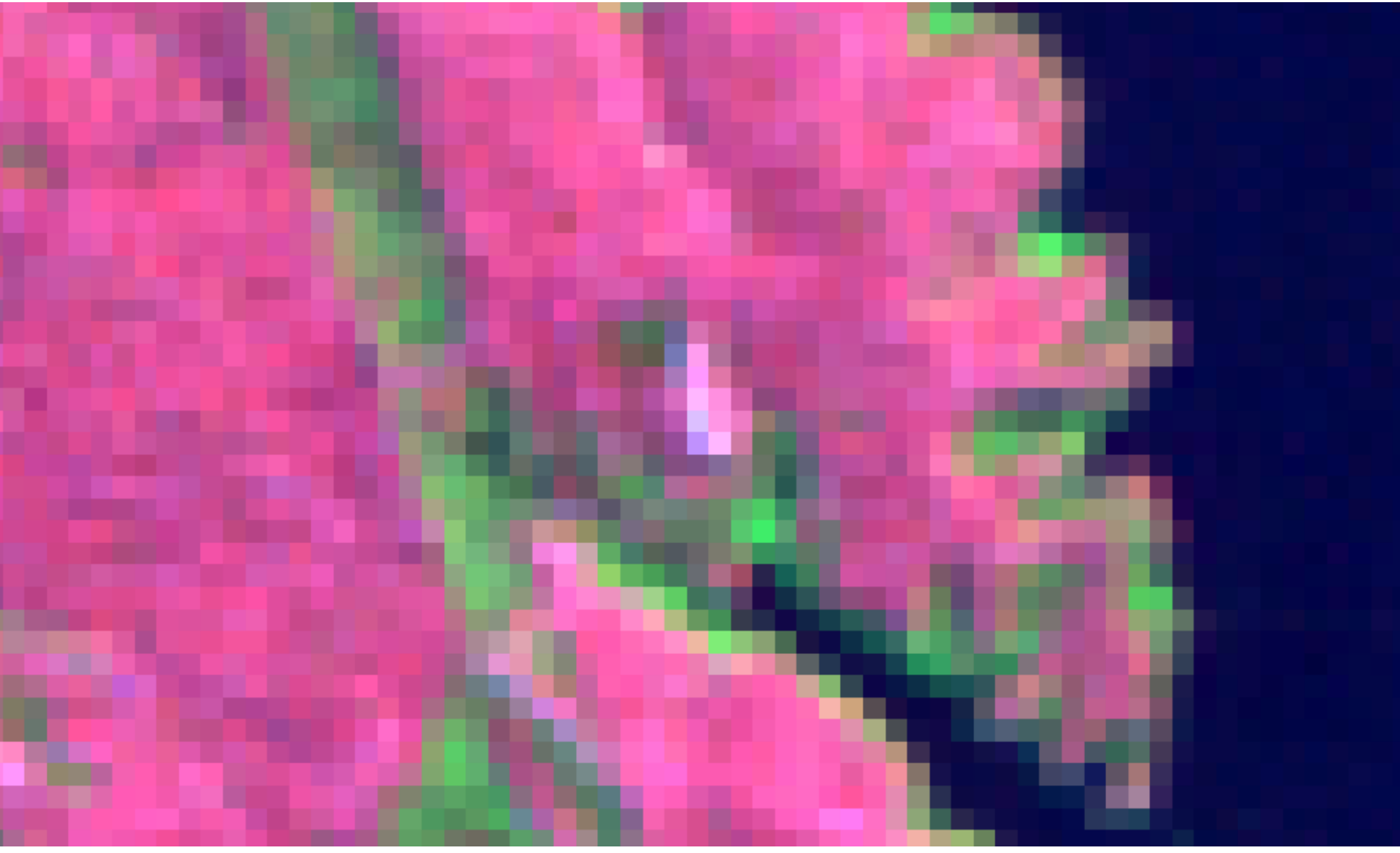


IMAGEM LANDSAT (escala: esquece 2)

Resolução espacial de 30 m.



IMAGEM LANDSAT (escala: absurda)

Resolução espacial de 30 m.



IMAGEM LANDSAT (escala: surreal)

Resolução espacial de 30 m.

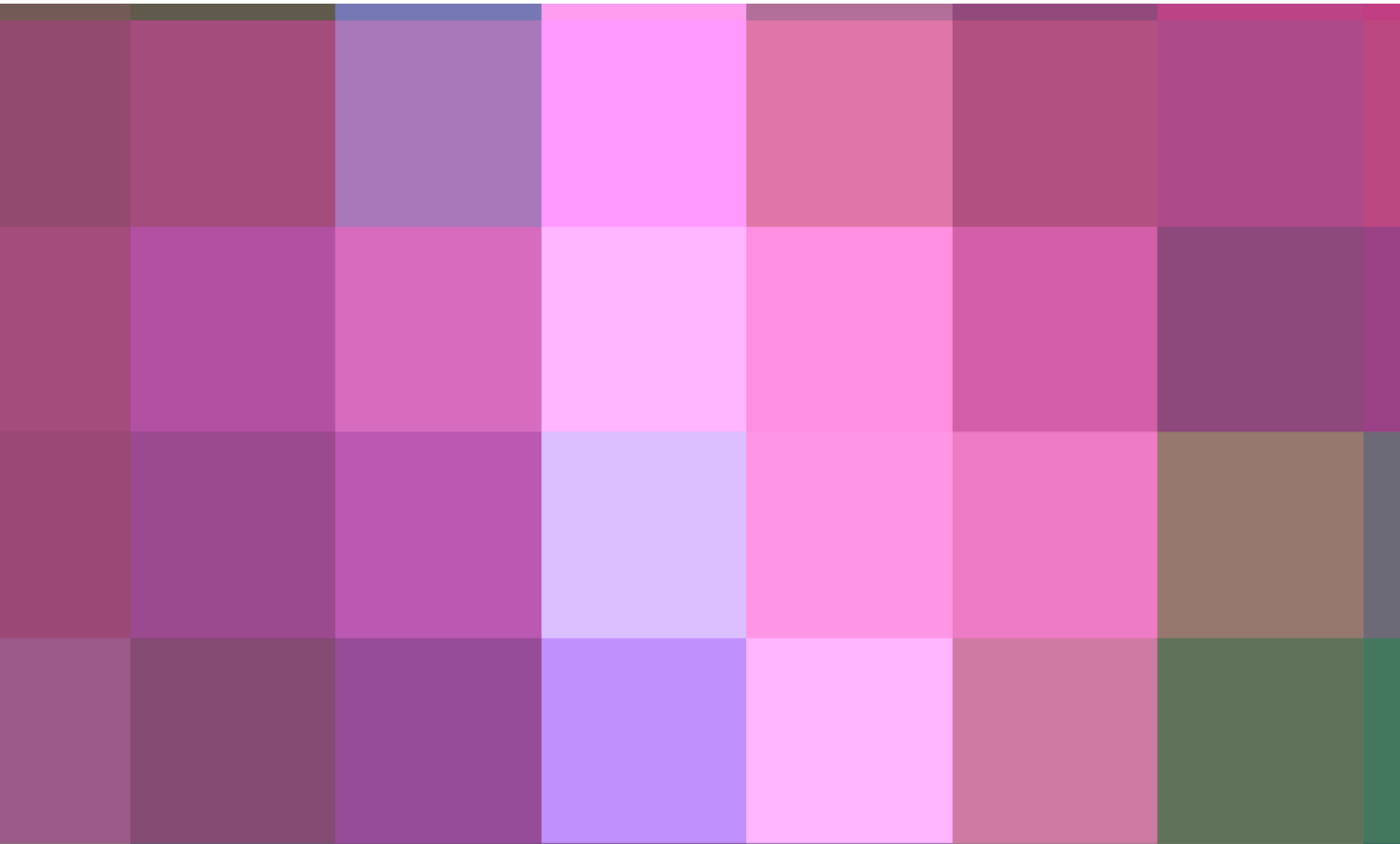
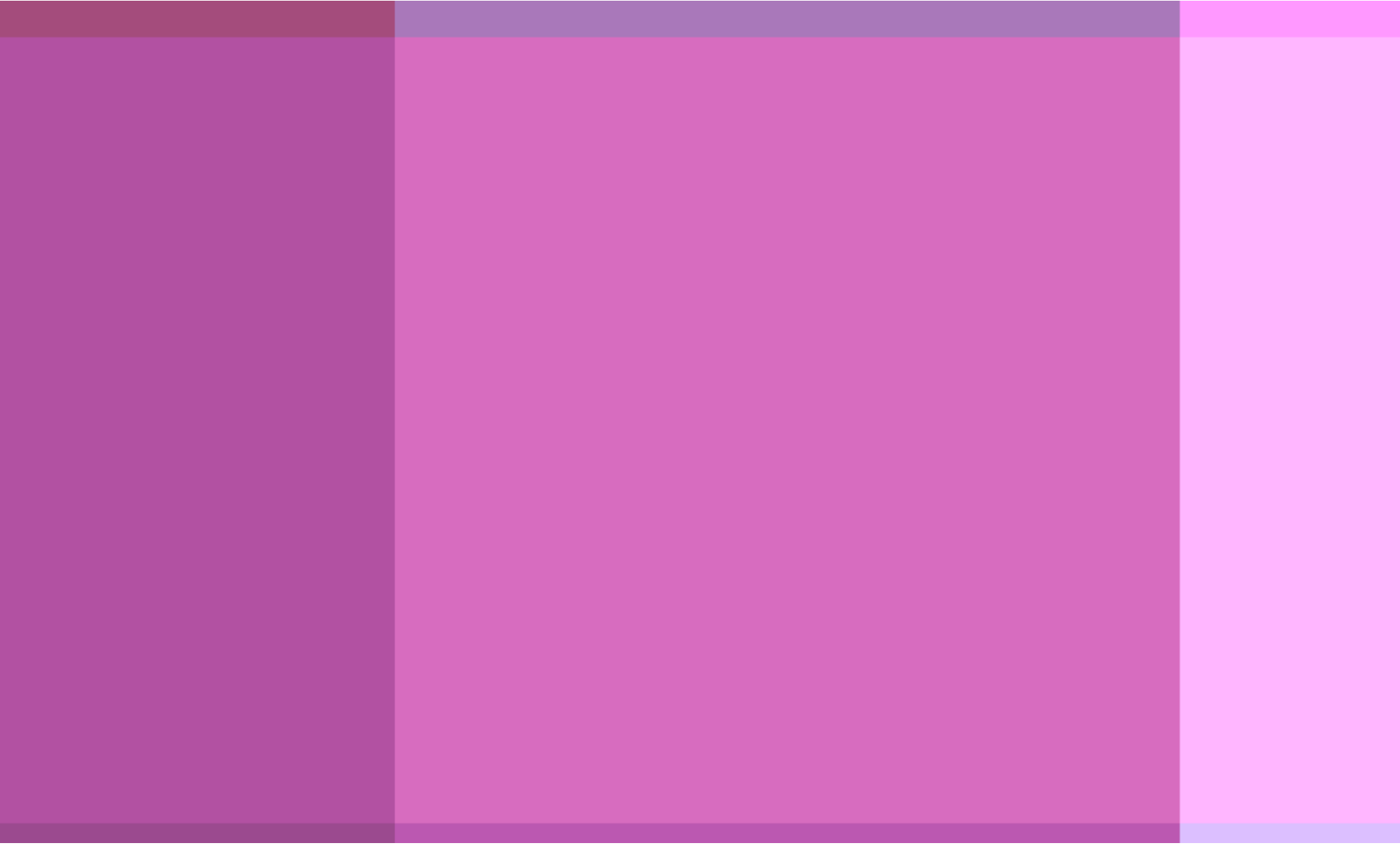
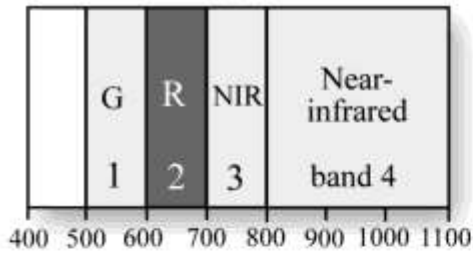


IMAGEM LANDSAT (escala: o pixel!)

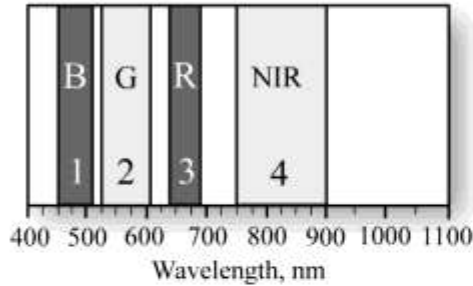
Resolução espacial de 30 m.



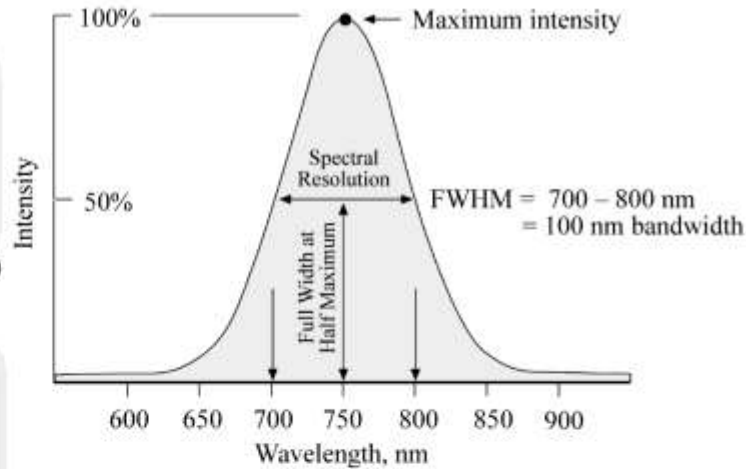
Landsat Multispectral Scanner



Positive Systems ADAR 5500



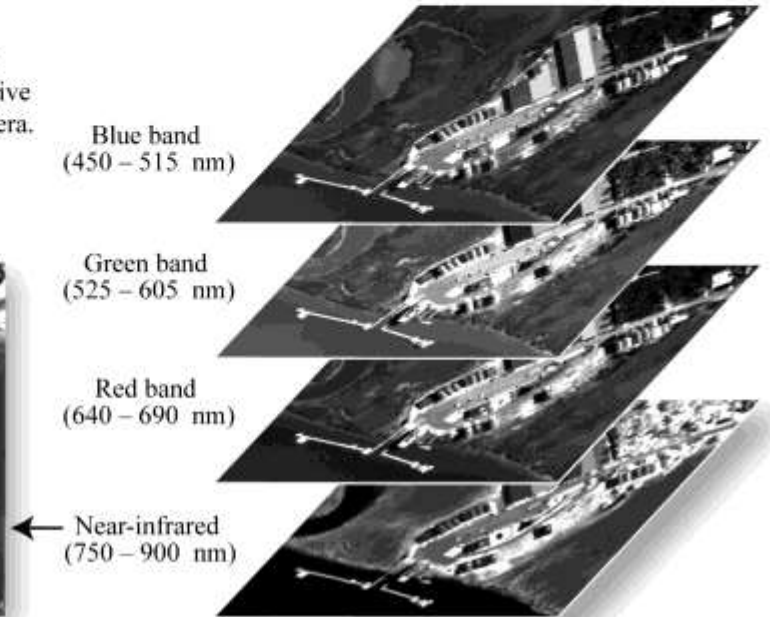
a. Nominal spectral resolution of the Landsat Multispectral Scanner and Positive Systems ADAR 5500 digital frame camera.



b. Precise bandpass measurement of a detector based on Full Width at Half Maximum criteria.



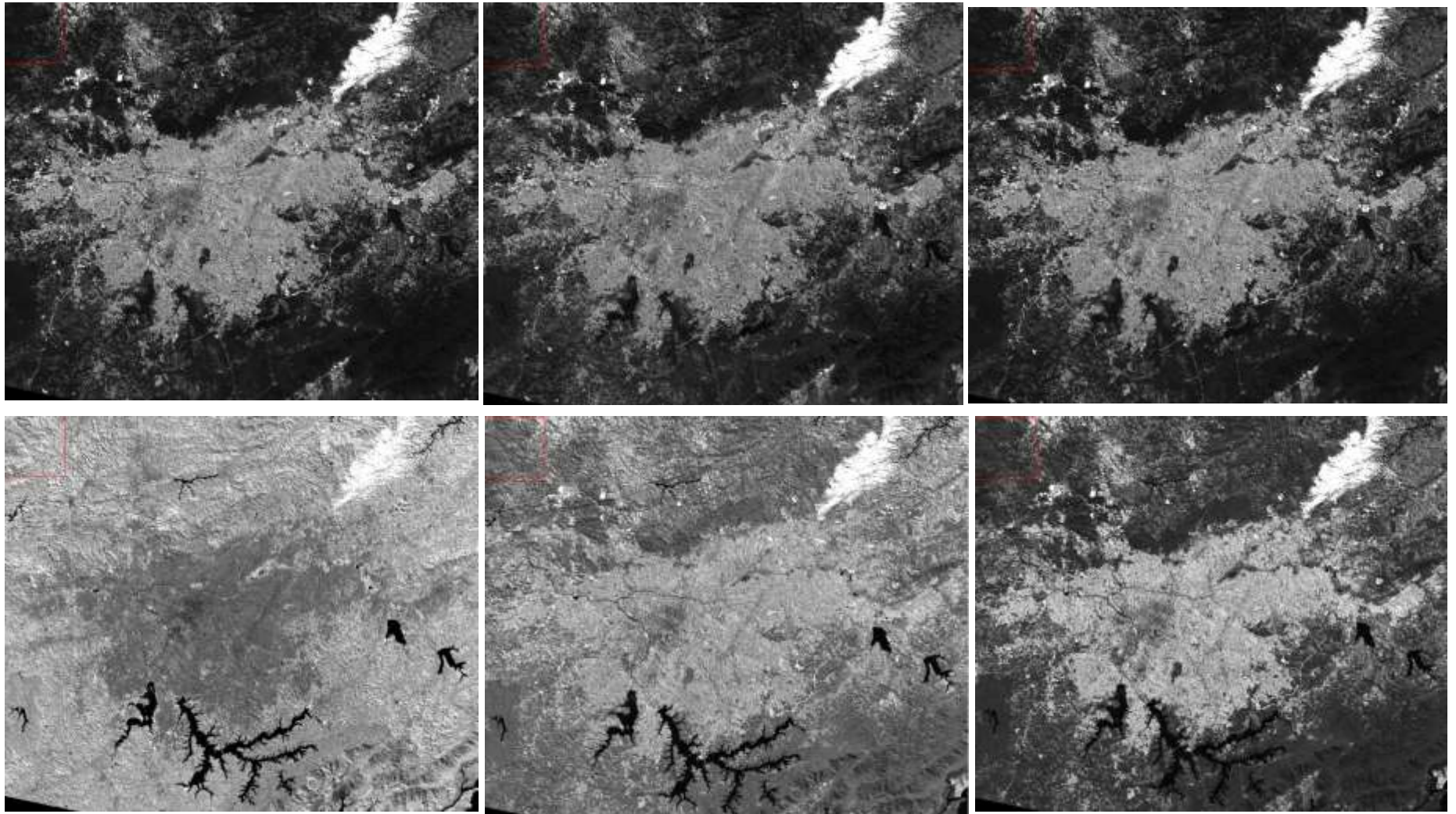
c. Single band of ADAR 5500 data.



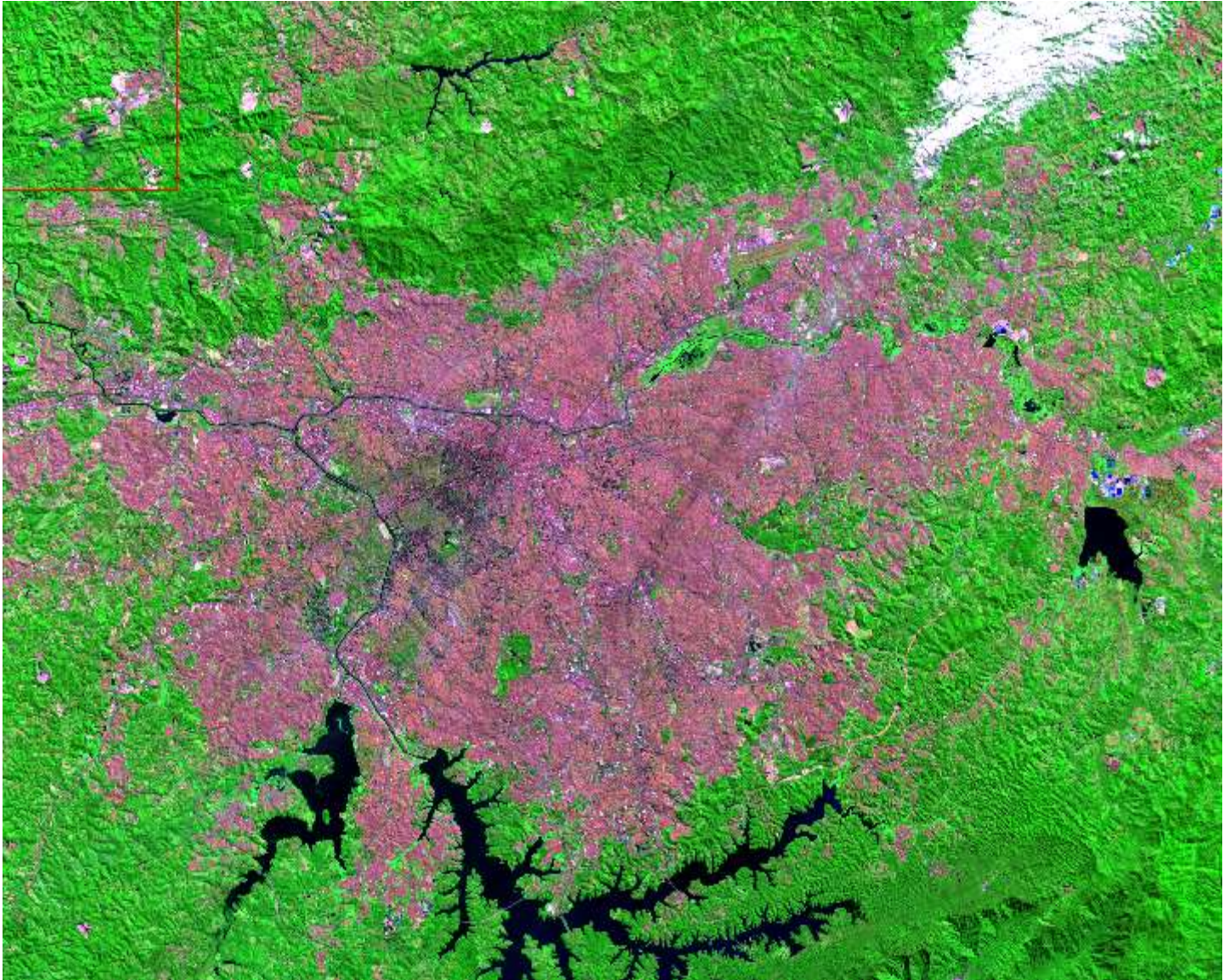
d. Multispectral remote sensing.

Resolução Espectral

Landsat 8 OLI 2013

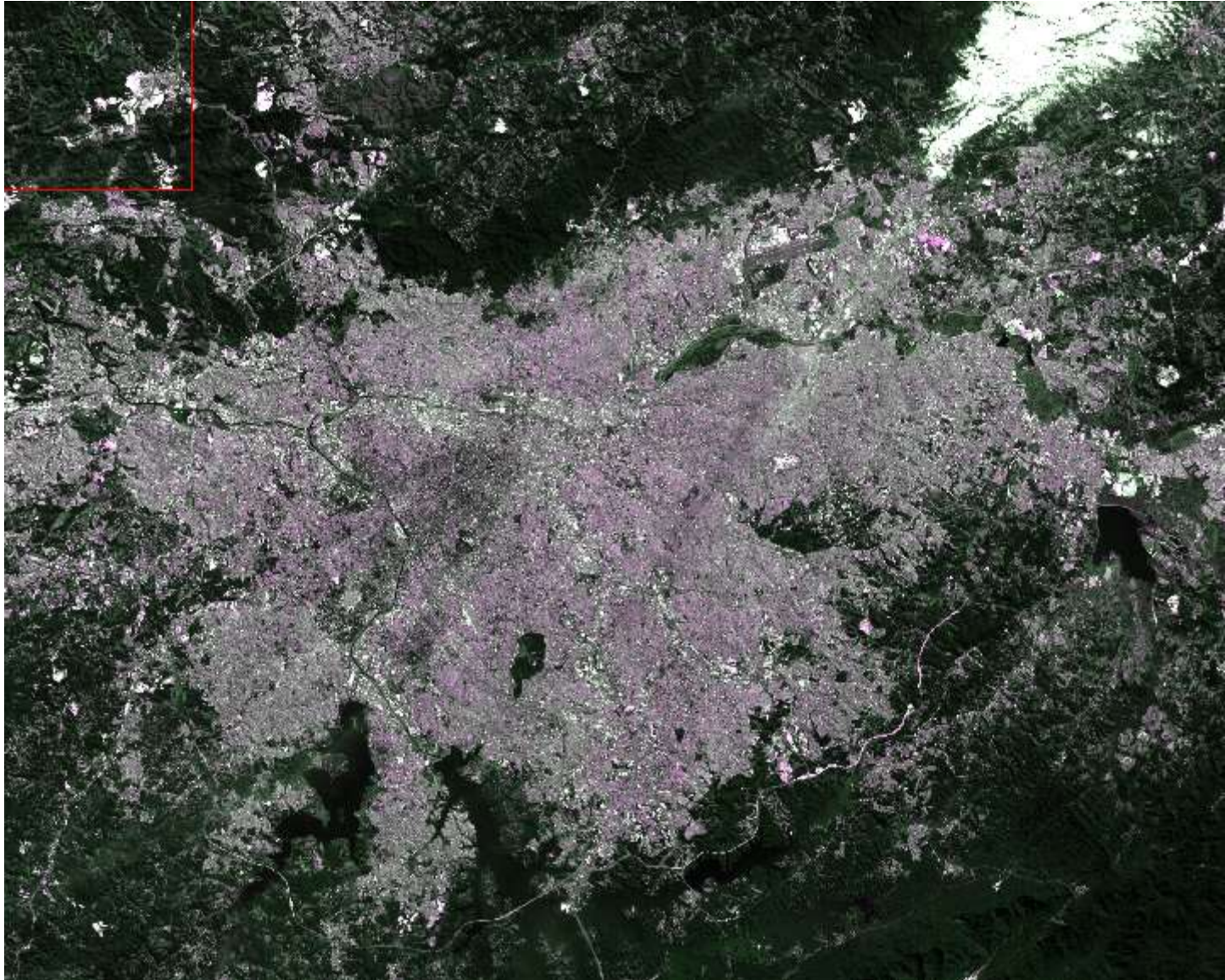


Composição 742 em RGB



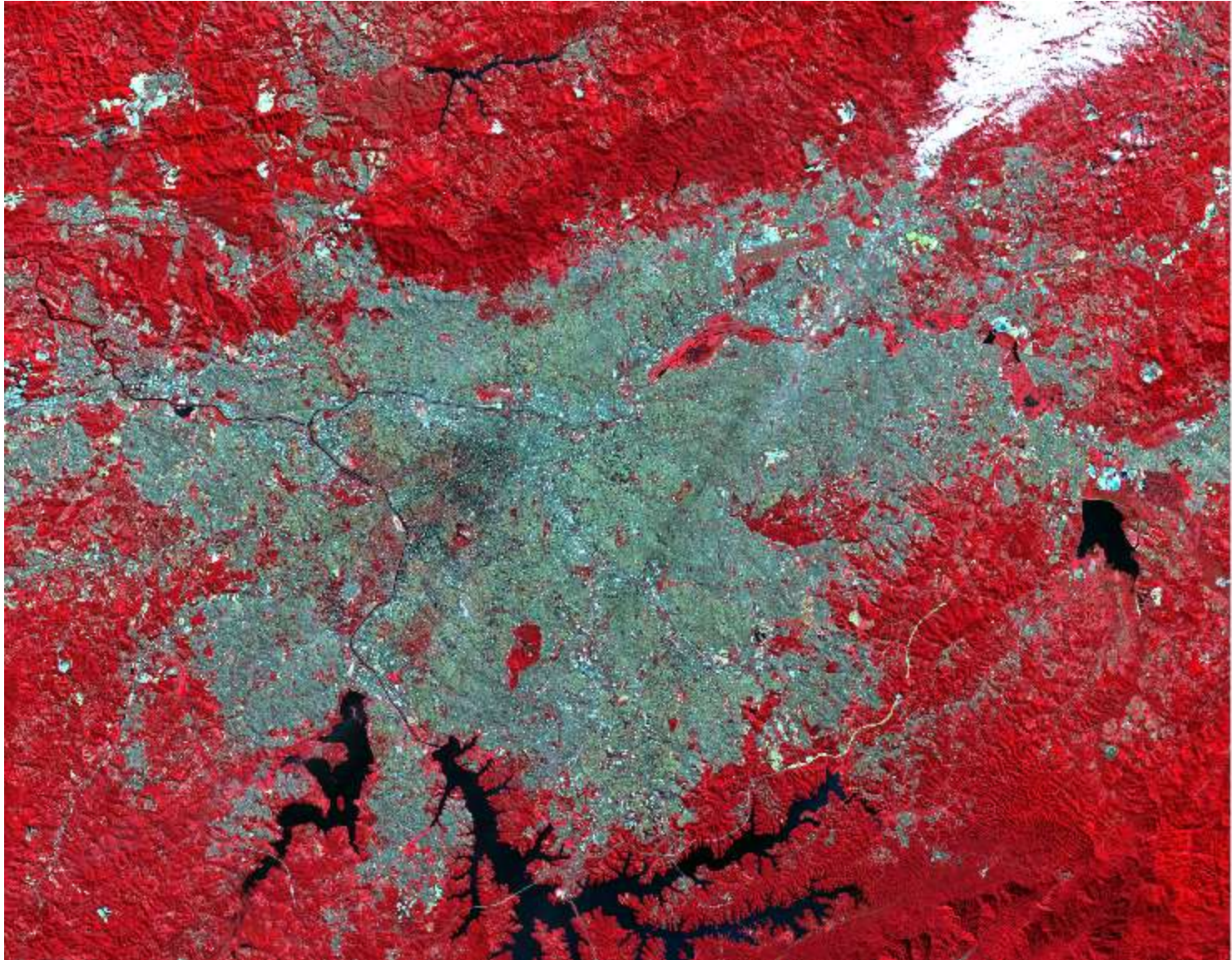
Composição em Falsa Côr

Composição 432



Composição em Cor "Natural"

Composição 543



Composição em Falsa Côr

RESOLUÇÃO TEMPORAL

- Refere-se a:
 - a taxa de revisita do satélite
- Depende:
 - do tamanho da área imageada
 - da órbita do satélite

RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA

- Resolução radiométrica é definida pelo processador portado pelo satélite
- Refere-se a:
 - a **quantidade de bits** (n) com que a energia eletromagnética é quantizada
- Define a:
 - quantidade de níveis de cinza = 2^n
níveis de cinza

Radiometric Resolution

0



7-bit
(0 - 127)

0



8-bit
(0 - 255)

0



9-bit
(0 - 511)

0



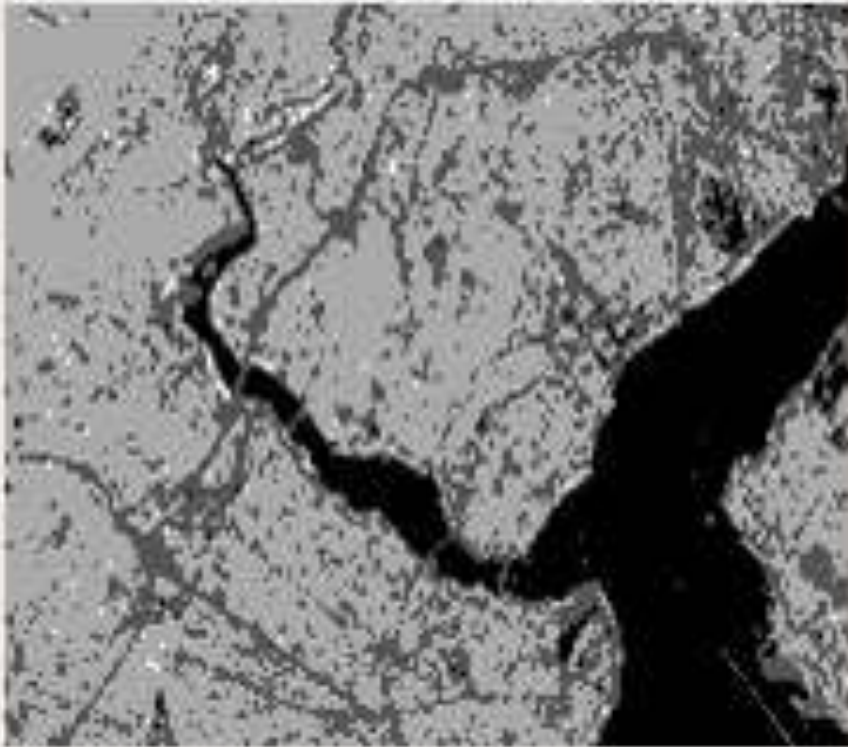
10-bit
(0 - 1023)

1bit – 5 bits



(Crosta, 1999)

2 bits – 8 bits



(1)



(2)

RELAÇÃO: RES. ESPACIAL X RES. TEMPORAL

- Landsat- 7 ETM+ : 16 dias (30 m)
- CBERS CCD: 26 dias (20 m)
- SPOT HRVIR : 26 dias (20 m)
- GOES: 30 minutos (700 m)
- SeaWiFS: 1 dia (1130m)
- Ikonos: Programável (4 e 1m)

QUAL SENSOR POSSUIA MELHOR RESOLUÇÃO?

	TM	HRV	AVHRR
Frequência da aquisição de imagens	16 dias	26 dias	2 vezes ao dia
Resolução espacial	30 m 120 m (Banda6)	20 m (Banda1 a 3) 10 m (Pan)	1.1 Km (nominal)
Resolução radiométrica	8 bits	8 bits (1-3) 6 bits (Pan)	8 bits
Resolução espectral bandas espectrais (micrômetros)	Banda1 - 0.45-0.52 Banda2 - 0.52-0.60 Banda3 - 0.63-0.69 Banda4 - 0.76-0.90 Banda5 - 1.55-1.75 Banda6 - 10.74-12.5 Banda7 - 2.08-2.35	Banda1 - 0.50-0.59 Banda2 - 0.61-0.68 Banda3 - 0.79-0.89 Pan - 0.51-0.73	Banda 1 - 0.58-0.68 Banda 2 - 0.725-1.1 Banda 3 - 3.55-3.93 Banda 4 - 10.30-11.30 Banda 5 - 11.50-12.50

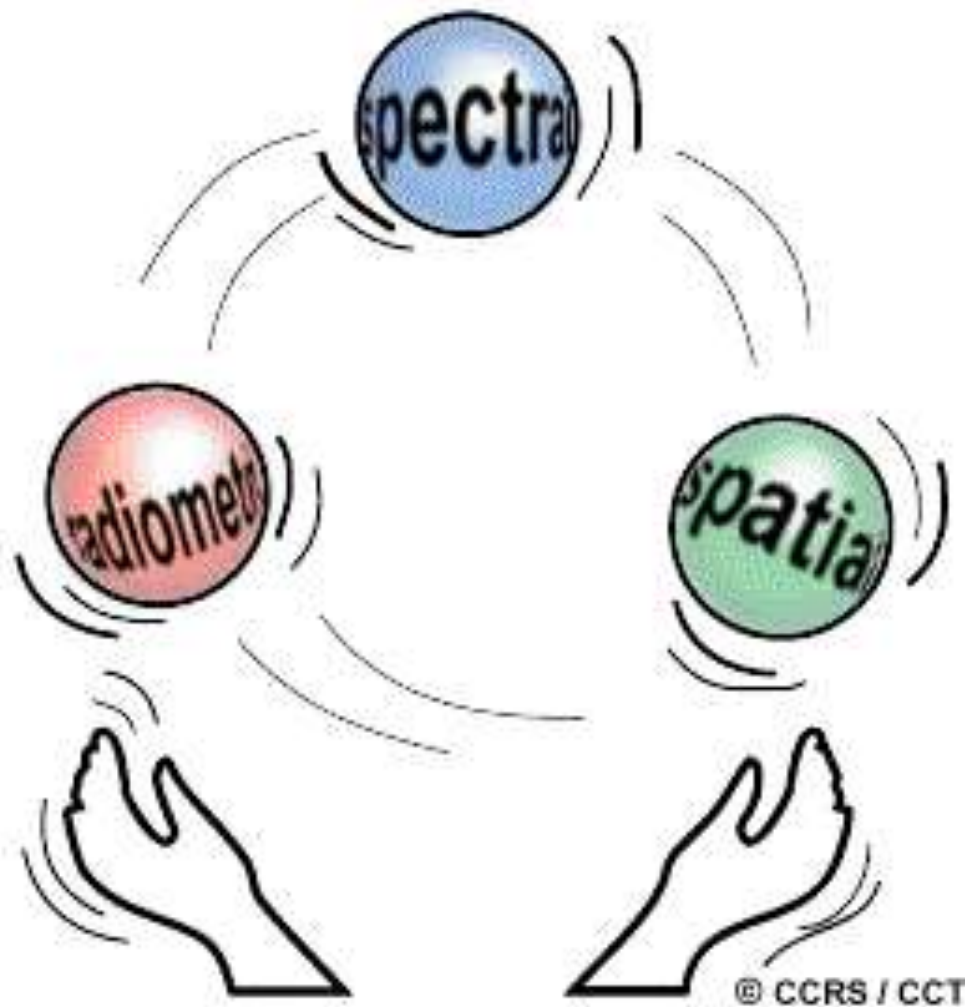
Qual o melhor sensor para monitoramento de queimadas na escala de poucos dias?

Qual o melhor sensor para aplicações em áreas urbanas?

Qual o melhor sensor para estudo de processos costeiros?

Qual o melhor sensor para estudo da vegetação?

"...you just can't have it all!..."



Obrigado pela atenção!