

# Sistemas Sensores



**Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio**

Dep. Eng. de Biosistemas – ESALQ/USP 

# SISTEMAS SENSORES

# SENSORES

# Sistemas Sensores

## Definições:

Equipamento capaz de transformar alguma forma de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. No caso específico do sensoriamento remoto, a energia utilizada e a radiação eletromagnética (Novo, 1989).

Sensor remoto é um dispositivo capaz de responder a REM de determinada faixa do espectro eletromagnético, registrá-la e gerar um produto numa forma adequada para a interpretação do usuário (Steffen et.al., 1981).

# Sistemas Sensores

## Classificação dos Sensores Remotos:

Quanto ao produto obtido:

➔ **Sensores Imagiadores**

➔ **Sensores não Imagiadores**

Quanto a Fonte de REM:

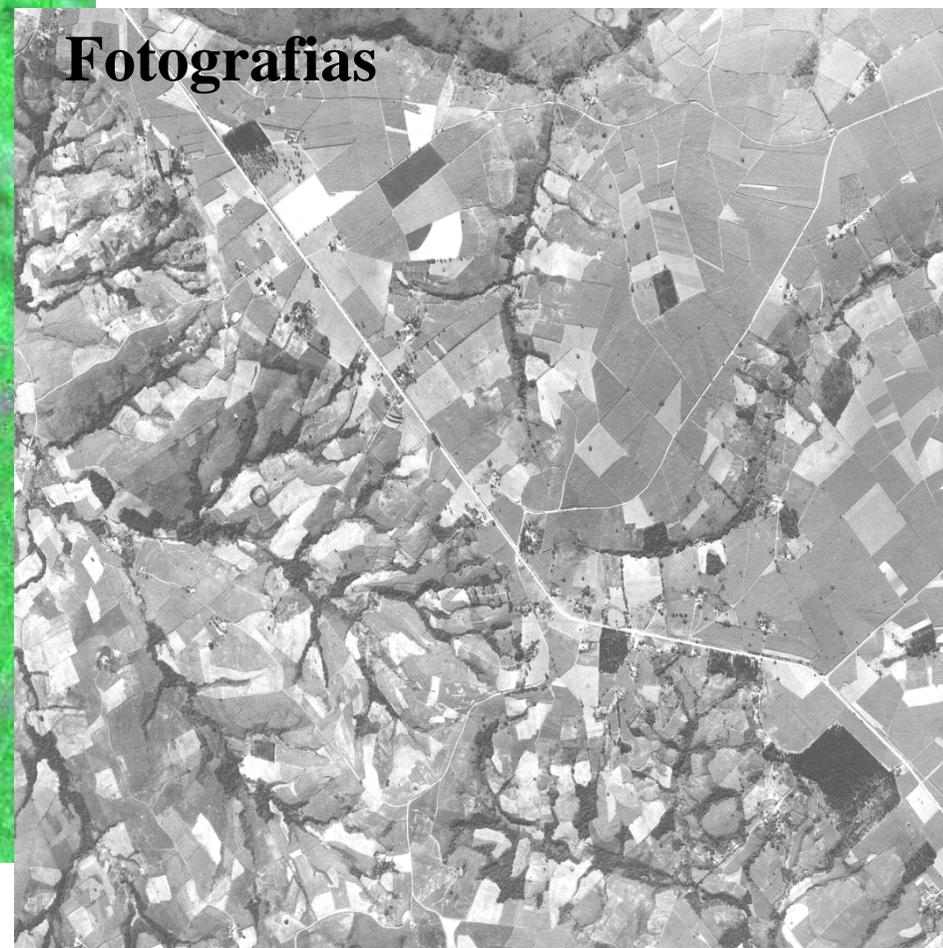
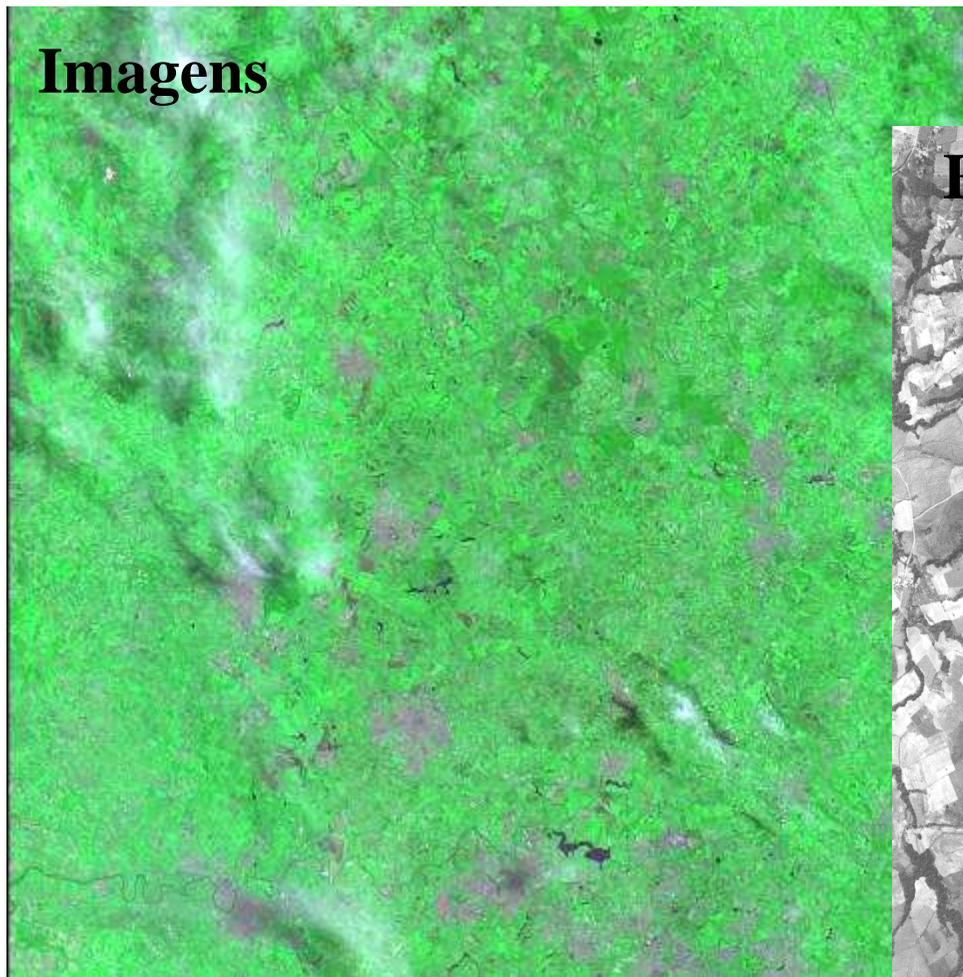
➔ **Sensores Ativos**

➔ **Sensores Passivos**

## Classificação dos Sensores Remotos:

Quanto ao produto obtido

➔ Sensores Imagiadores



## Classificação dos Sensores Remotos:

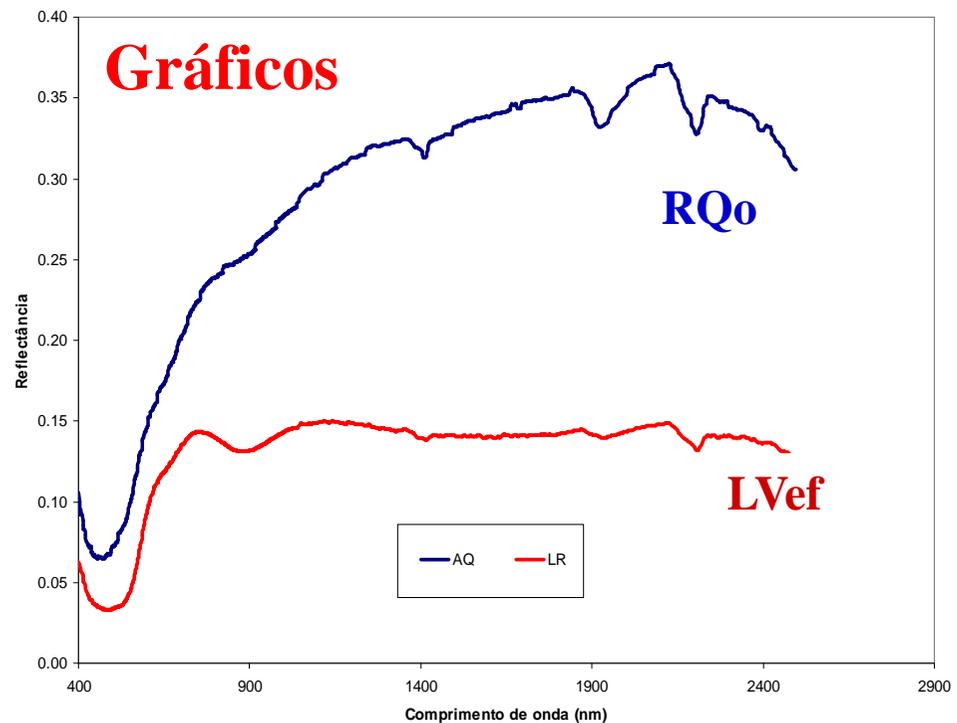
Quanto ao produto obtido:

### ➔ Sensores não Imagiadores

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	WAVEL	403B	404B	405B	406B	407B	4				
2	350	0,141747	0,149083	0,157593	0,137837	0,150474					168
3	352	0,140199	0,147565	0,156234	0,139915	0,152738					167
4	353	0,139754	0,146307	0,15707	0,135651	0,148306	0,138942	0,145567	0,167438	0,146311	0,149944
5	355	0,139843	0,143894	0,156572	0,135733	0,142584	0,140893	0,144089	0,16755	0,14583	0,150524
6	357	0,142271	0,144537	0,159535	0,136607	0,143112	0,145445	0,144243	0,168792	0,146339	0,152114
7	359	0,143587	0,146386	0,161219	0,13725	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
8	360	0,143882	0,144311	0,161324	0,131886	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
9	362	0,139065	0,142676	0,157648	0,127806	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
10	364	0,137418	0,142689	0,155753	0,128597	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
11	366	0,136834	0,146656	0,157314	0,132285	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
12	368	0,138978	0,14995	0,155936	0,131997	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
13	369	0,138664	0,14911	0,154459	0,130678	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
14	371	0,13504	0,144933	0,147651	0,126918	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
15	373	0,133303	0,141682	0,148075	0,127071	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
16	375	0,127125	0,137971	0,144457	0,124381	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
17	376	0,124667	0,134936	0,142905	0,119566	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
18	378	0,122041	0,129325	0,138585	0,115148	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
19	380	0,123649	0,126066	0,137503	0,114542	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
20	382	0,121894	0,122426	0,135872	0,115329	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
21	384	0,116353	0,119091	0,130557	0,113863	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
22	385	0,111035	0,117343	0,128331	0,109454	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
23	387	0,108693	0,116515	0,127993	0,106444	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
24	389	0,106368	0,112777	0,128015	0,10337	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
25	391	0,104051	0,106941	0,121936	0,101723	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
26	392	0,100279	0,101806	0,115271	0,098586	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
27	394	0,09661	0,099557	0,11112	0,095348	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
28	396	0,092916	0,095851	0,106851	0,092448	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
29	398	0,09015	0,091509	0,102493	0,089016	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
30	399	0,088022	0,087922	0,098046	0,086997	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
31	401	0,086149	0,086723	0,095615	0,08326	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
32	403	0,082995	0,085584	0,092261	0,080081	0,144254	0,146087	0,143567	0,16572	0,148294	0,153232
33	405	0,079285	0,083464	0,088133	0,075662	0,082676	0,080817	0,082347	0,092121	0,085527	0,089509
34	406	0,074849	0,080258	0,08492	0,072283	0,080721	0,076872	0,079294	0,08815	0,083167	0,085616

**Valores numéricos**

**Gráficos**



## Classificação dos Sensores Remotos:

Quanto a Fonte de REM:

➔ Sensores Passivos

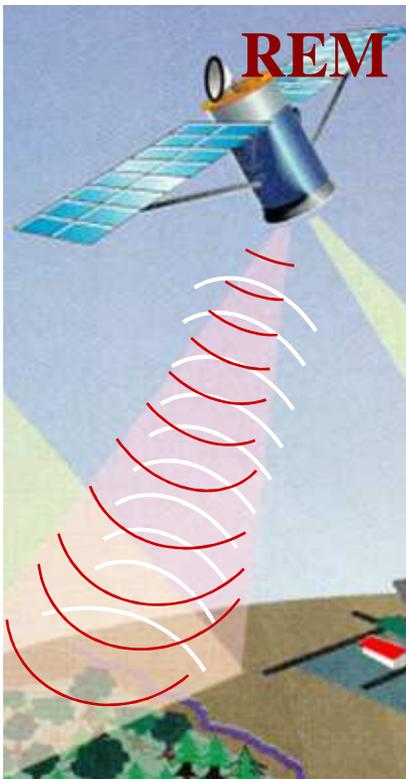


**Necessitam de fonte externa  
de R.E.M**

## Classificação dos Sensores Remotos:

Quanto a Fonte de REM:

### ➔ Sensores Ativos



**Possuem a sua própria fonte de R.E.M.,  
registrando a energia por eles emitida e  
refletida pelo alvo.**

# Nuvem de Pontos

## Nuvem densa de pontos

## Nuvem densa de pontos



## Classificação dos Sensores Remotos:

	Imagiadores	Não Imagiadores
Passivos	Sistemas fotográficos Sistemas Eletro-óptico	Radiômetros: IRIS / FildEspc
Ativos	Radares Imagiadores: Radarsat / Lidar	N Sensor



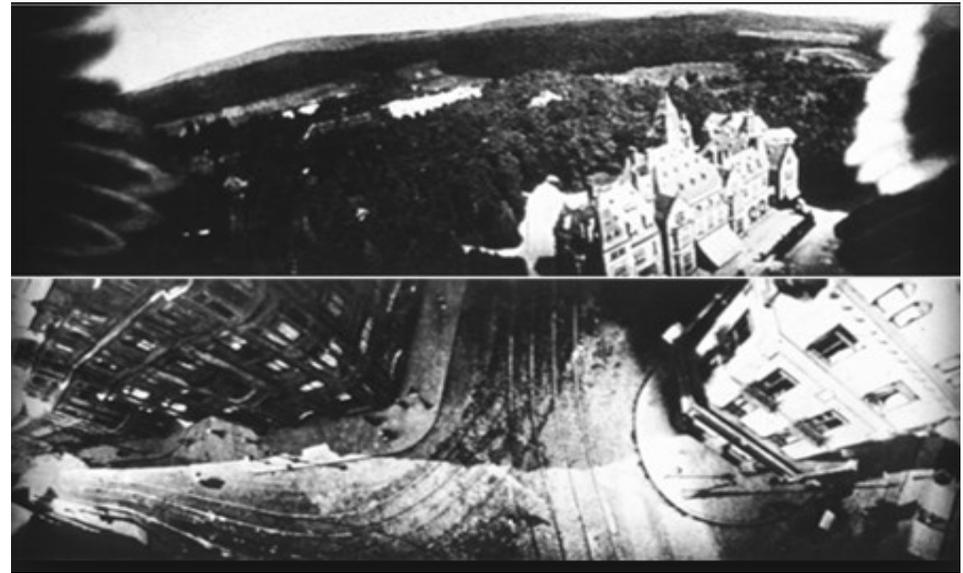
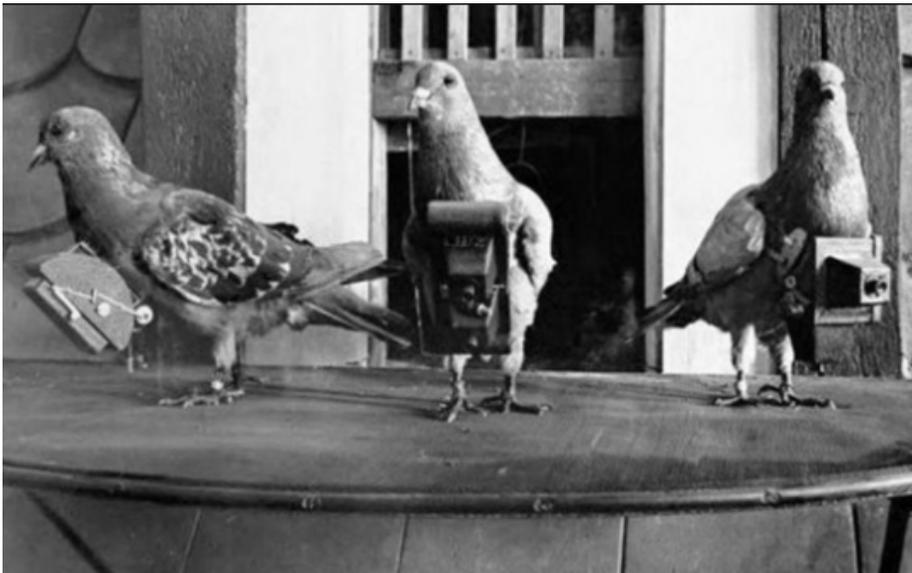
## Onde vou poder usar isso ?

Sensores em laboratórios ....

Sensores em indústrias ....

Sensores embarcados em máquinas agrícolas....

Sensores embarcados em Pombos, Balões, Aviões, RPA's, VANT's, Drones....

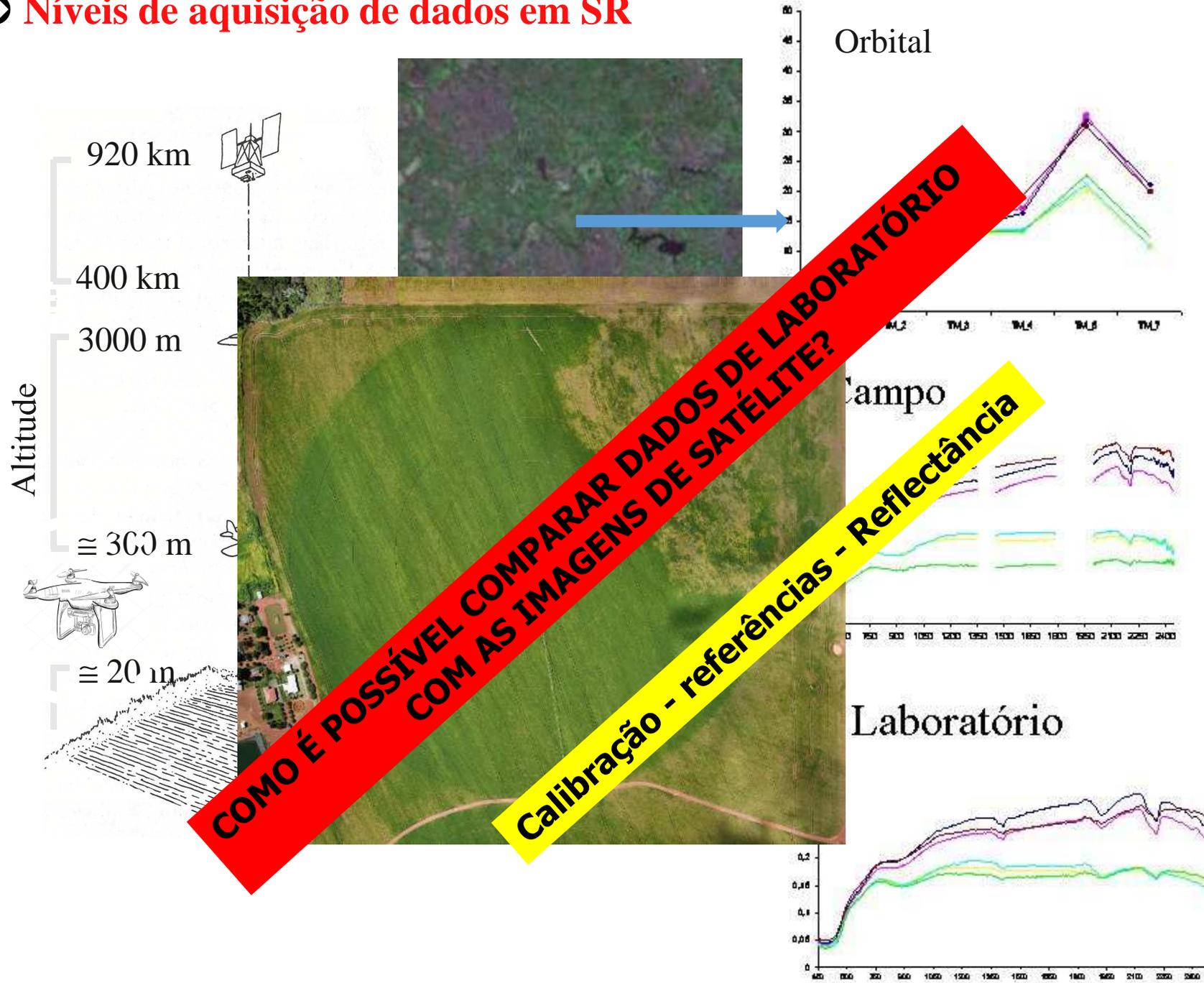


Sensores embarcados em Satélites, Nano satélites ....

**Níveis de aquisição de dados: Sensoriamento remoto**

**Embarcados - Plataforma - Veículo**

# Níveis de aquisição de dados em SR



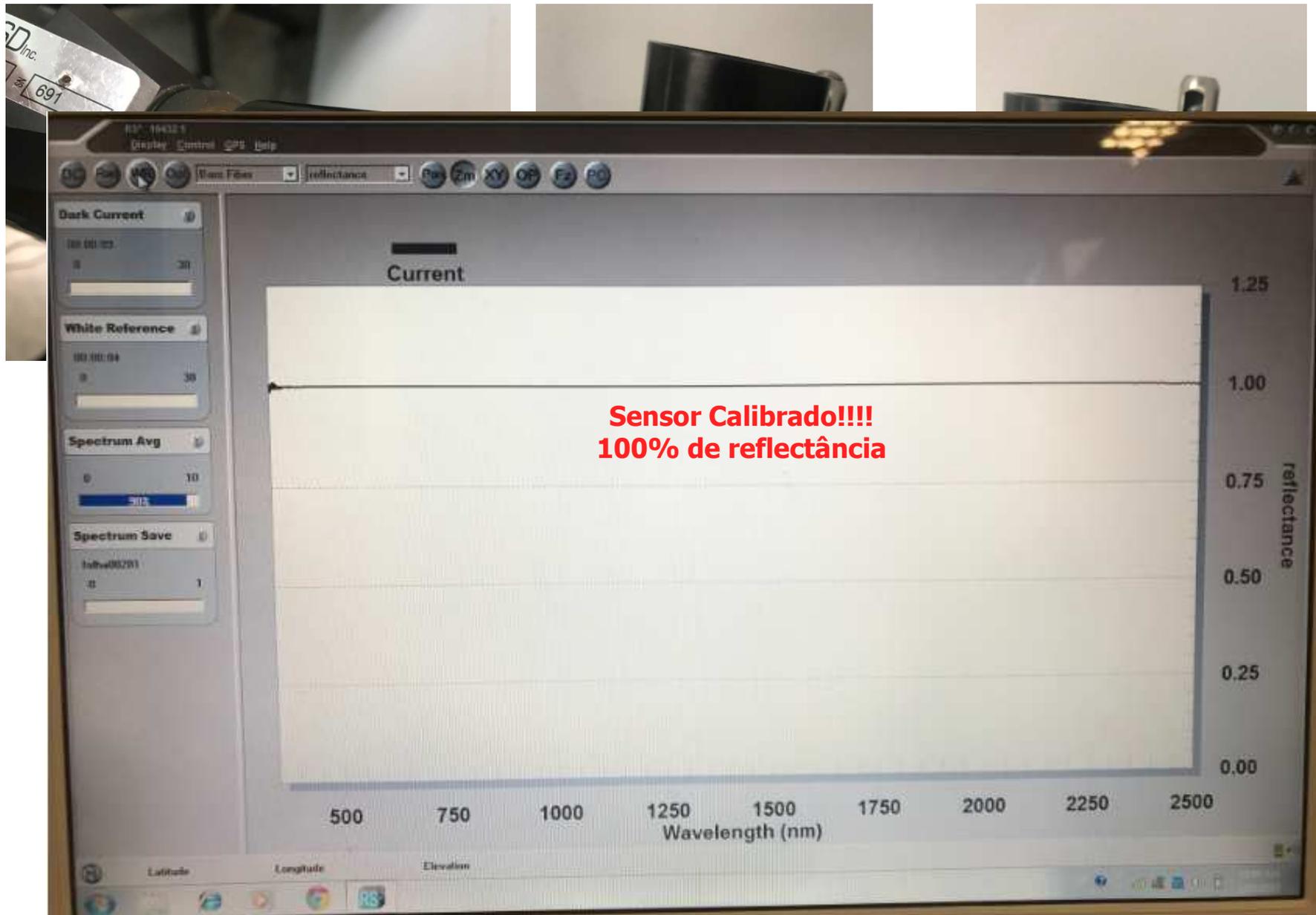
# Comportamento Espectral de Alvos

**“ Quanto de energia é refletida pelo alvo em cada comprimento de onda”**



**Como obter?  
Qual a importância?  
Calibração!**

## Sensor de Laboratório

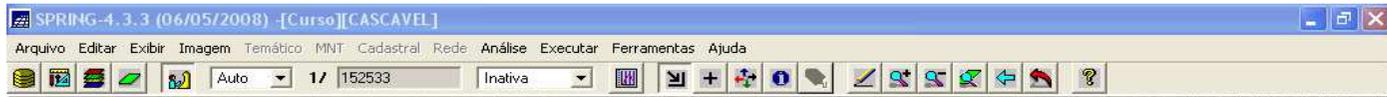




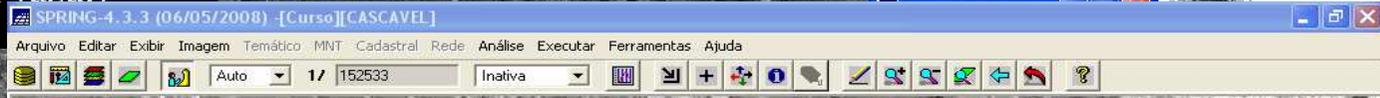
**SENSORES HIPERESPECTRAIS**

**X**

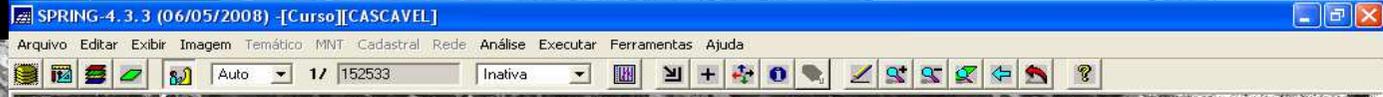
**SENSORES MULTIESPECTRAIS  
(ORBITAIS)**



TM-1 (azul)



TM-2 (Verde)



TM-3 (Vermelho)



TM-4 (IVP)

**Painel de Contr...**

Categorias  
(V) IMG

Planos de Informação  
( ) B2\_1509  
( ) B3\_0402  
( ) B3\_1509  
(M) B4\_0402  
( ) B4\_1509  
( ) R5\_n4n2

Prioridade: 0 CR

M  Texto  
 R  G  B

Selecionar... Consultar...

Controle de Telas  
Ativar:  1  2  3  4  5  
Exibir:  2  3  4  5  
Acoplar:  2  3  4  5  
Ampliar:  1  2  4  8

Fechar Ajuda





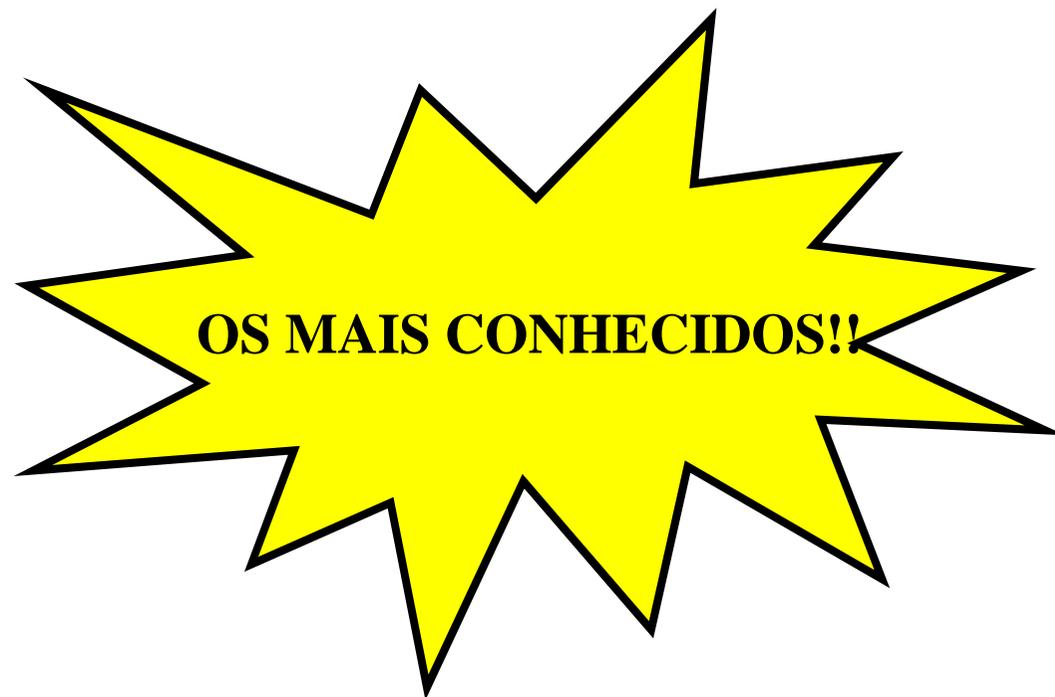
04/02/2008



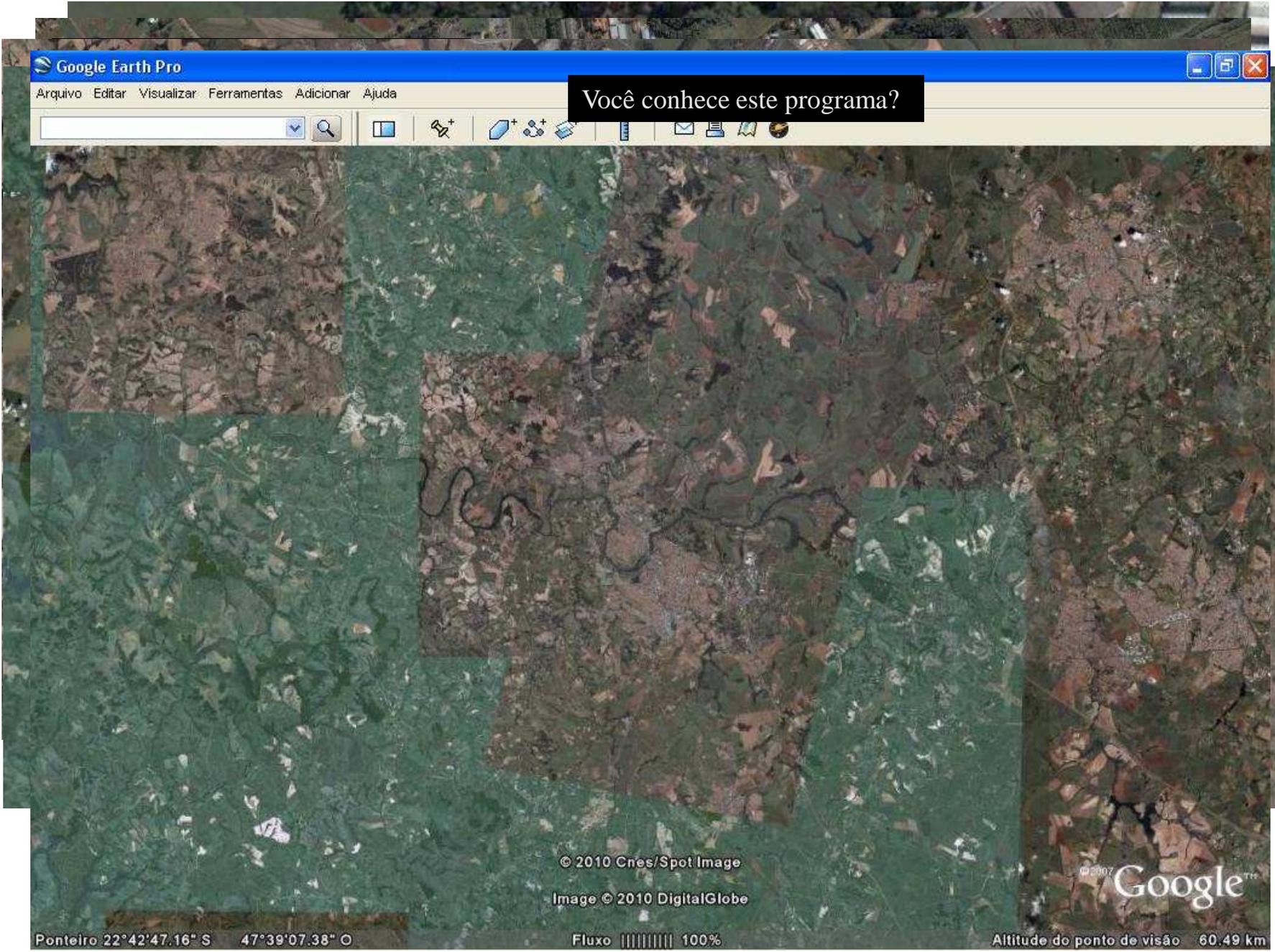
15/09/2008

O QUE MUDOU NESSAS IMAGENS?

# Produtos do SR



**OS MAIS CONHECIDOS!!**



Você conhece este programa?

Ponteiro 22°42'47.16" S 47°39'07.38" O

Fluxo ||||| 100%

Altitude do ponto de visão 60.49 km

# IMAGENS DE SATÉLITE



Ikonos

# IMAGENS DE SATÉLITE

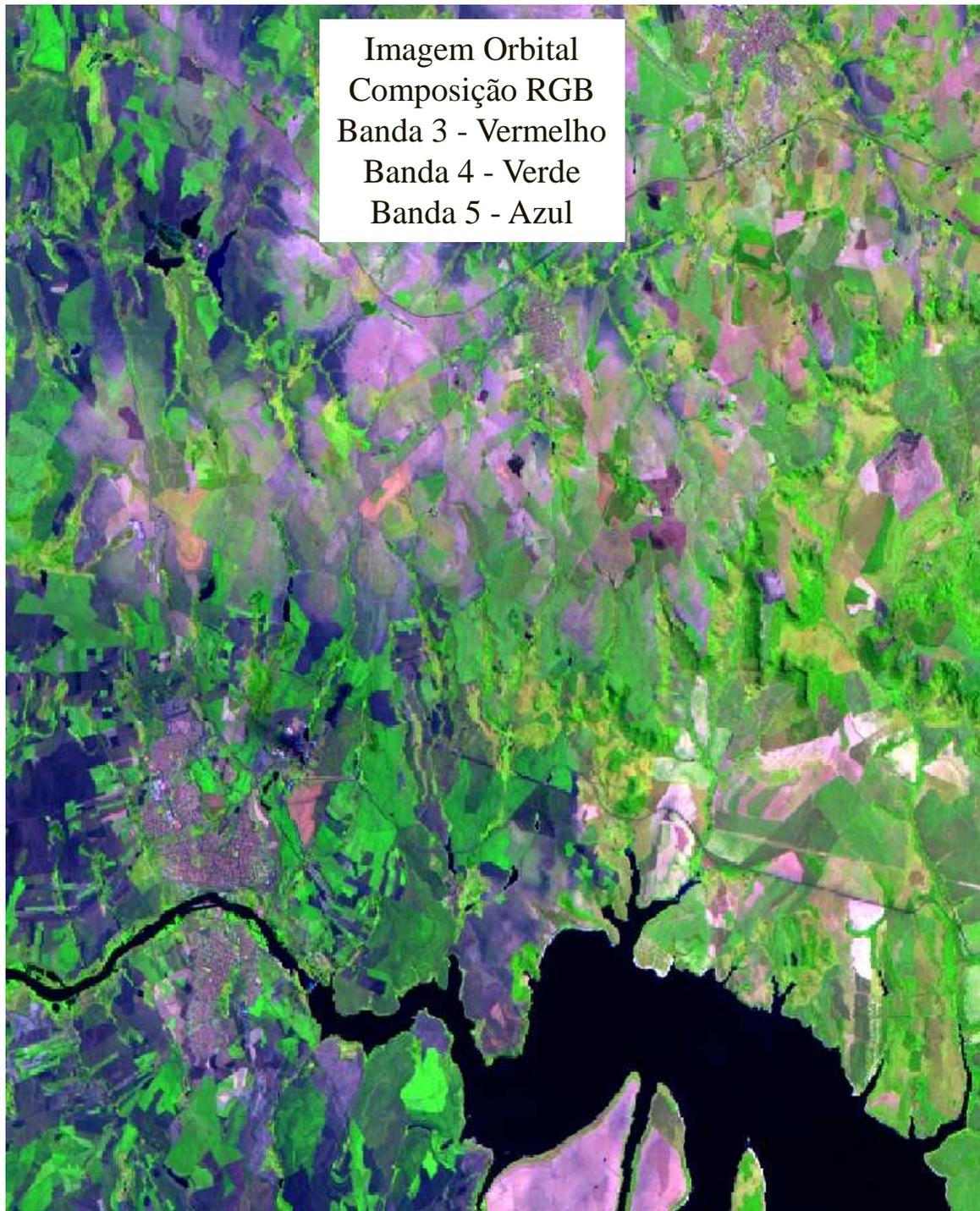


Resolução Espacial

Resolução Radiométrica

Resolução Espectral

Resolução Temporal



## TM - LANDSAT 5 -7

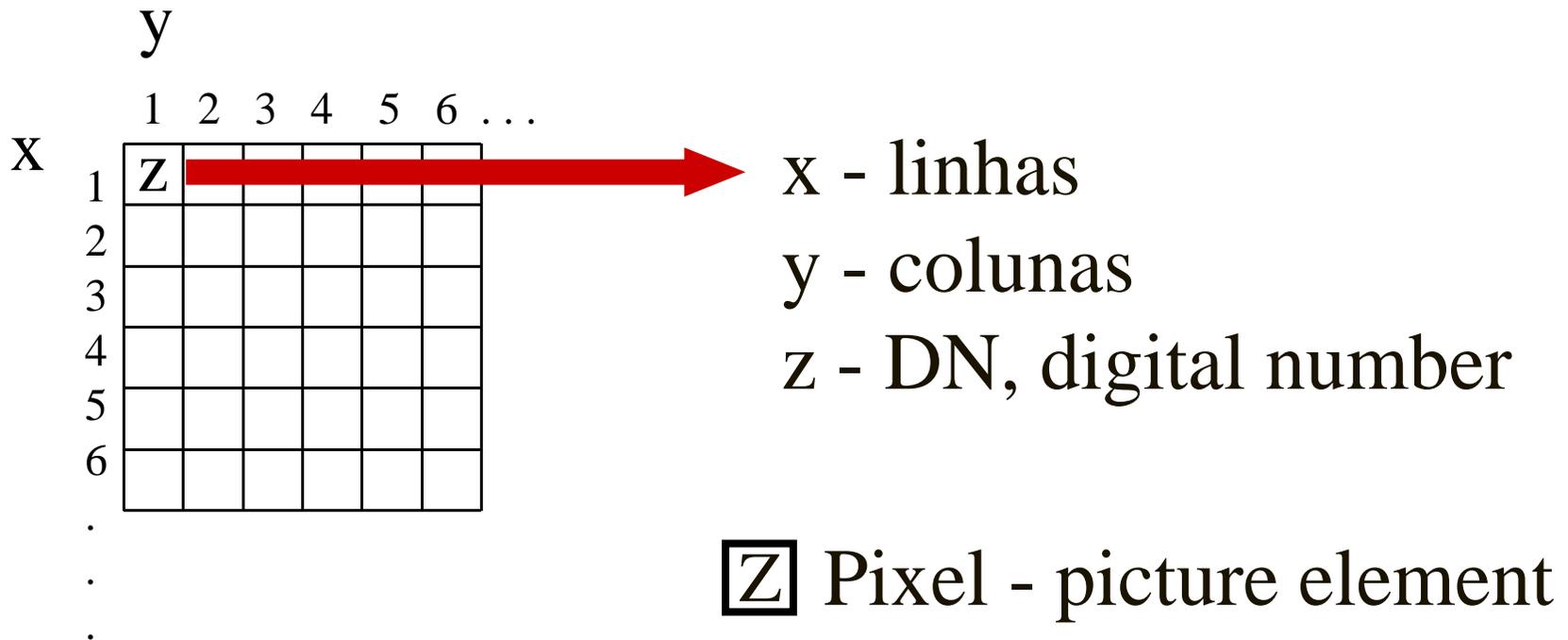
- ➔ Lançamento 05/03/84
- ➔ Altitude 705 km
- ➔ Resolução temporal
  - 16 dias
- ➔ Resolução espacial
  - 30 m (pixel 0,09 ha)
  - 120 m (banda 6)
  - 15 m (pan. Landsat 7)
- ➔ Imagem inteira
  - 185 km x 185 km
- ➔ Bandas (microns)
  - 1 (0,45-0,52) Azul
  - 2 (0,52-0,60) Verde
  - 3 (0,63-0,69) Vermelho
  - 4 (0,76-0,90) I. Próximo
  - 5 (1,55-1,75) I. Médio
  - 6 (10,4-12,5) I. Termal
  - 7 (2,08-2,35) I. Médio
  - Pancromática (0,52-0,90)

## Principais características

- ➔ Estruturas das Imagens de Sensoriamento Remoto
  
- ➔ Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto
  - Resolução espacial
  - Resolução espectral
  - Resolução radiométrica
  
- ➔ Composição Colorida das Imagens de Sensoriamento Remoto

# IMAGENS ORBITAIS

## Estruturas das Imagens de Sensoriamento Remoto



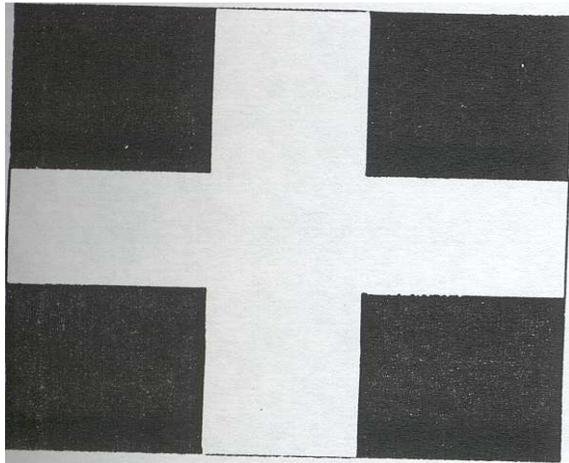
## Definições

Pixel - área com as mesmas dimensões na superfície da terra

DN - média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel

# IMAGENS ORBITAIS

## Estruturas das Imagens de Sensoriamento Remoto



	1	2	3	4	5	6	7	8
1	20	20	20	230	230	20	20	20
2	20	20	20	230	230	20	20	20
3	20	20	20	230	230	20	20	20
4	230	230	230	230	230	230	230	230
5	230	230	230	230	230	230	230	230
6	20	20	20	230	230	20	20	20
7	20	20	20	230	230	20	20	20
8	20	20	20	230	230	20	20	20

**0 – Preto    255 - Branco**

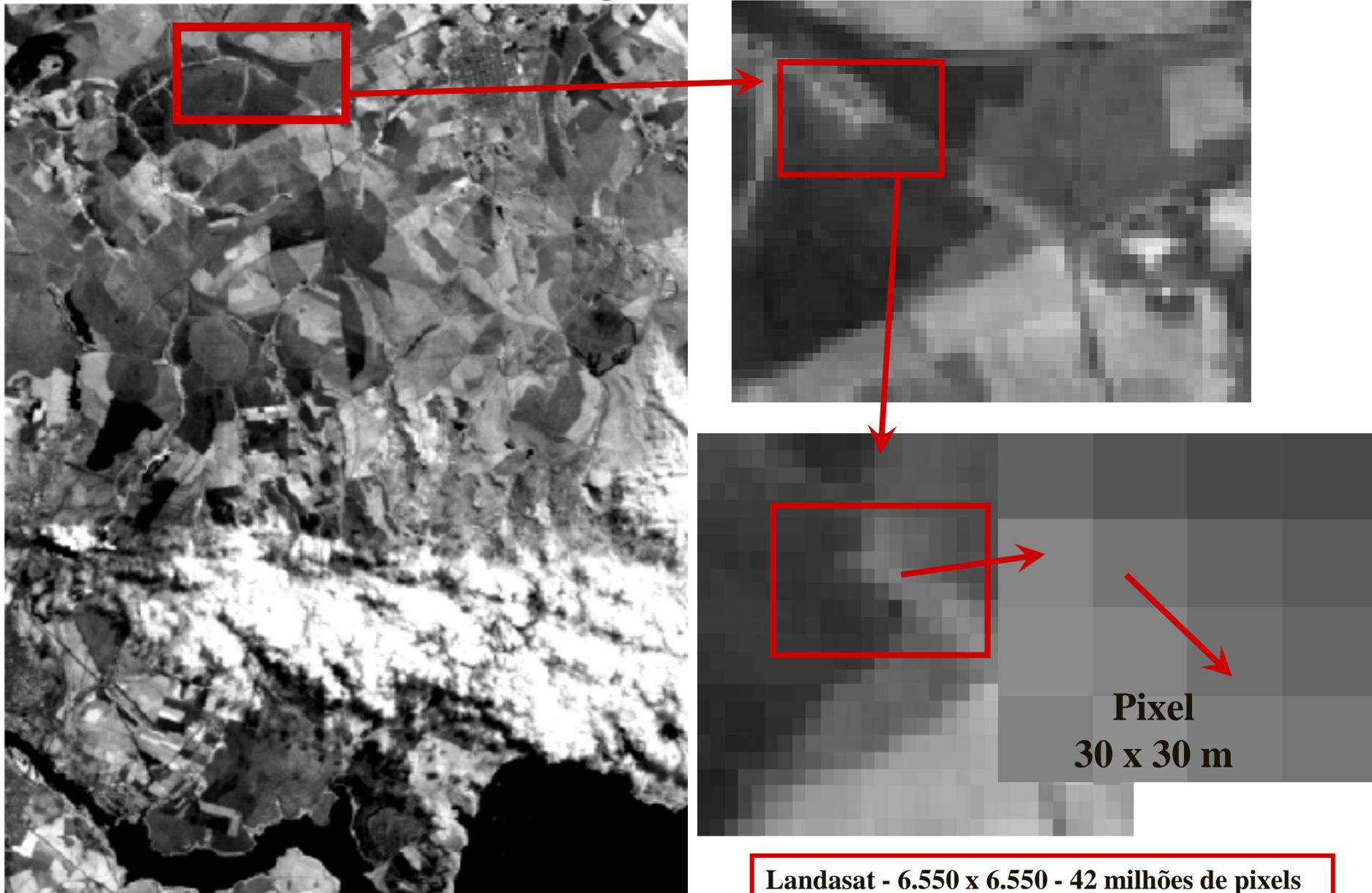
Exemplo de imagem simples (cruz) na forma digital

1ª linha e 1ª coluna → DN = 20 (quase preto)

1ª linha e 4ª coluna → DN = 230 (quase branco)

# IMAGENS ORBITAIS

## Estruturas das Imagens de Sensoriamento Remoto



**Landasat - 6.550 x 6.550 - 42 milhões de pixels**

# IMAGENS ORBITAIS

## Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto

**Resolução espacial** : capacidade do sensor em “enxergar” objetos

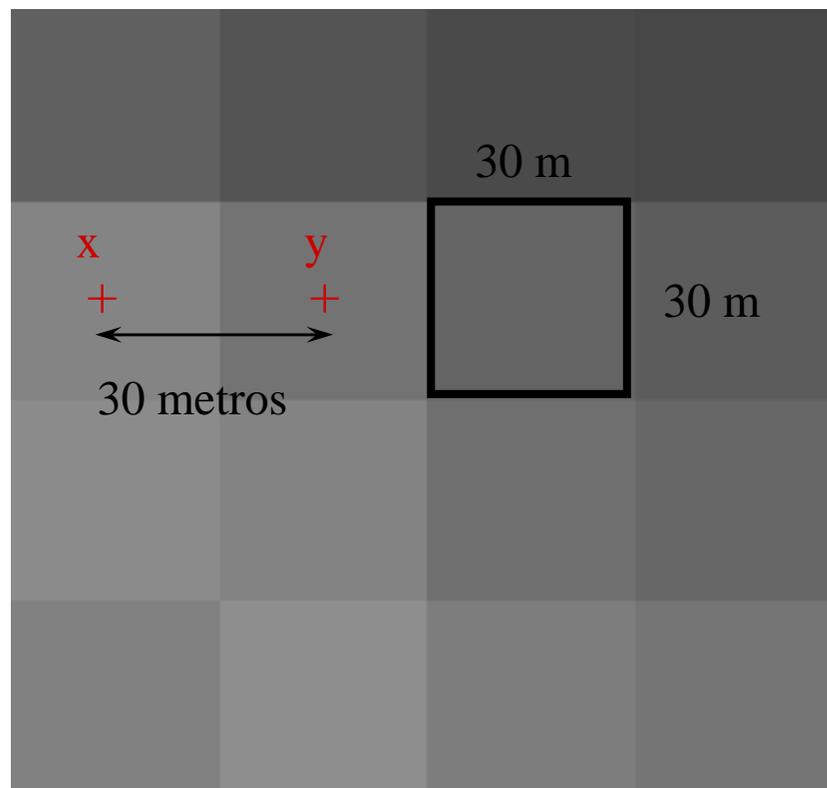
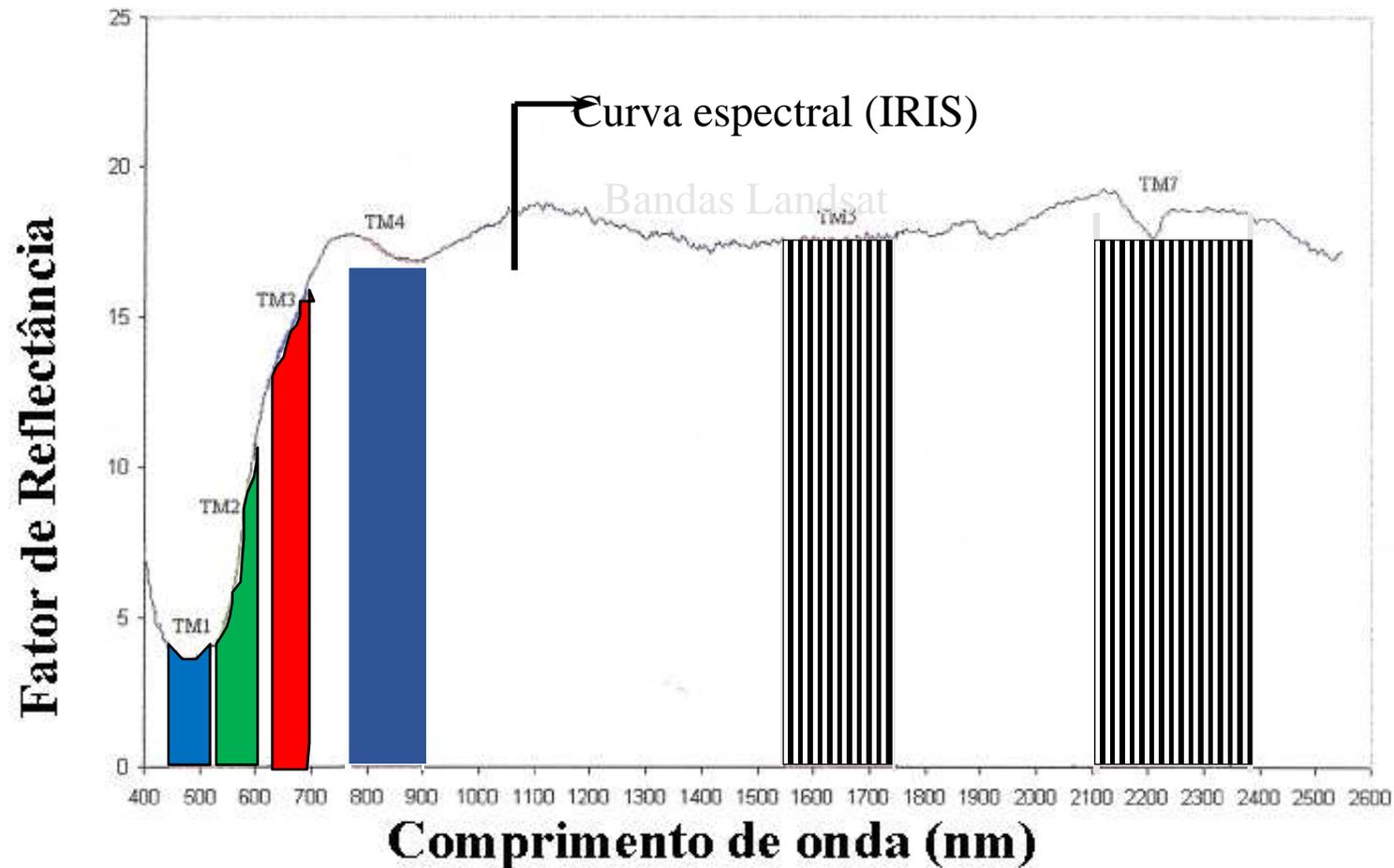


Imagem orbital  
TM - Landsat  
Banda 4

**Pixel = Resolução espacial**

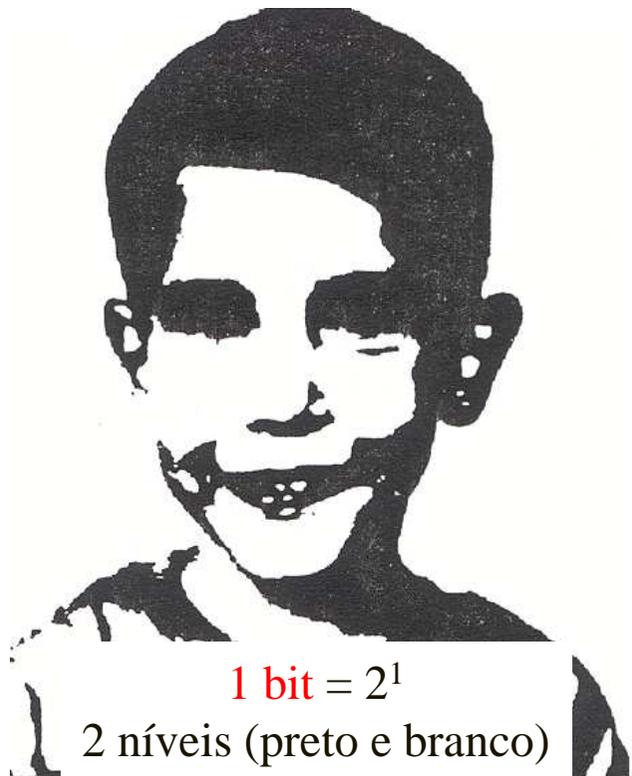
## Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto

**Resolução espectral:** é definida pelo número de bandas espectrais de um sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda



## Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto

**Resolução radiométrica:** é dado pelo número de níveis digitais, representados pelos níveis de cinza o qual expressa os dados coletados pelo sensor.

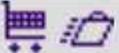
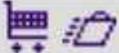
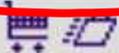
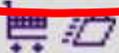
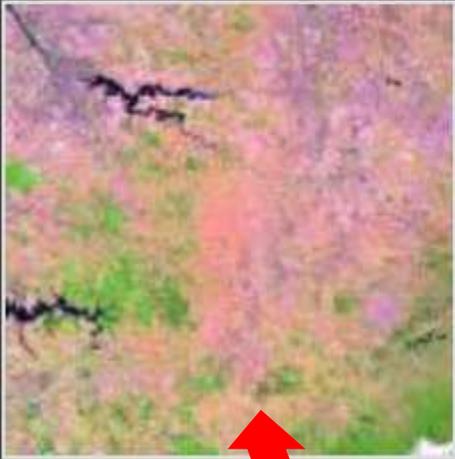
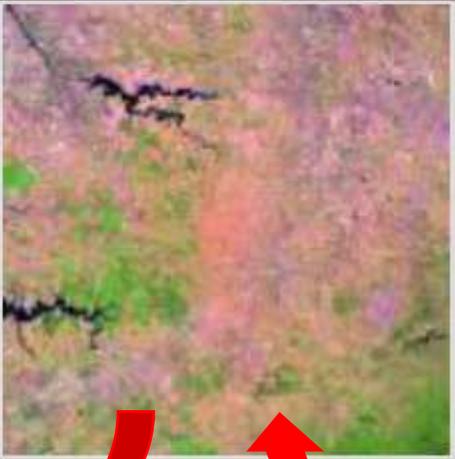
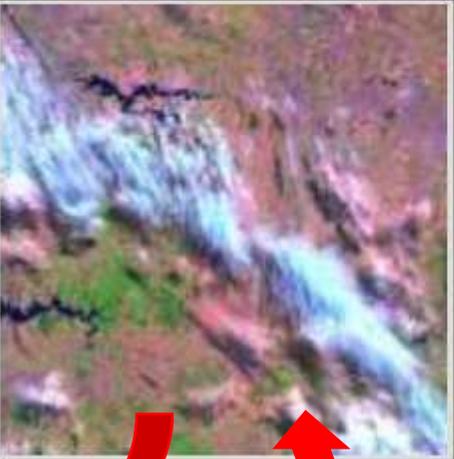
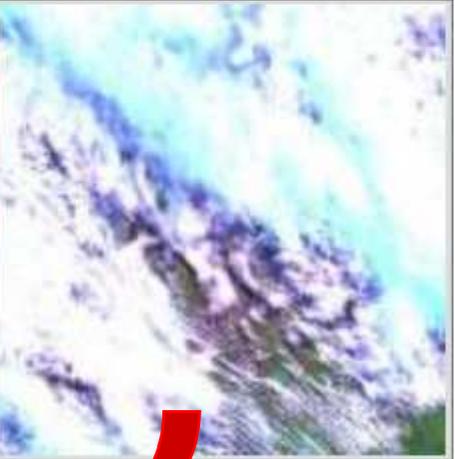


Landsat 5 → 8 bits =  $2^8$  ( 256 níveis de cinza)

## IMAGENS ORBITAIS

### Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto

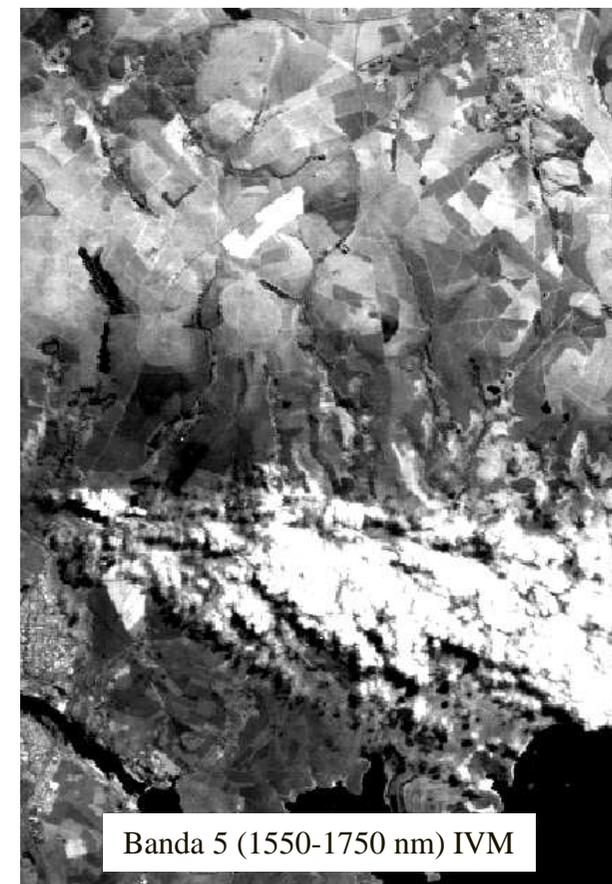
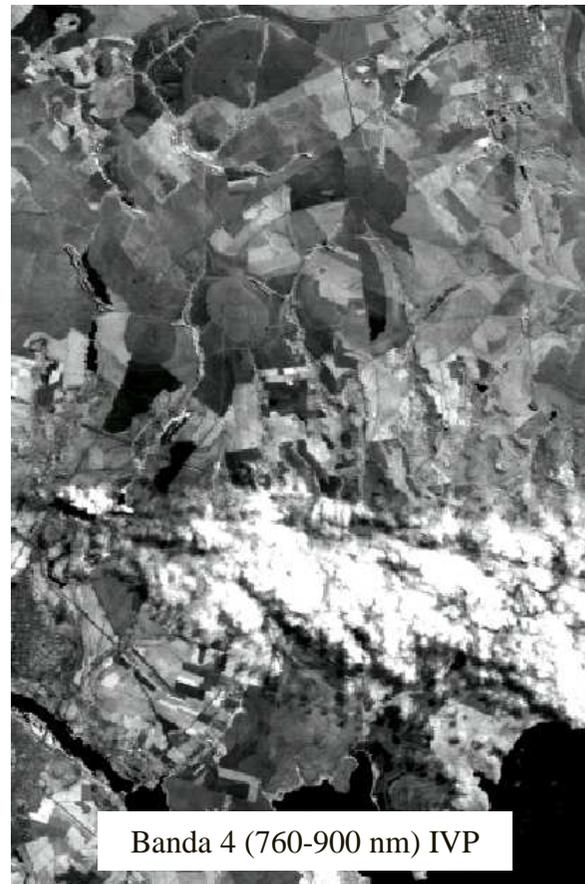
**Resolução temporal:** é dado pelo número dias, para se obter uma nova imagem de um mesmo local.

L5TM 220/76-2011-09-19	L5TM 220/76-2011-09-03	L5TM 220/76-2011-08-18	L5TM 220/76-2011-08-02
			
			

16 dias

## IMAGENS ORBITAIS

### Composição Colorida das Imagens de Sensoriamento Remoto

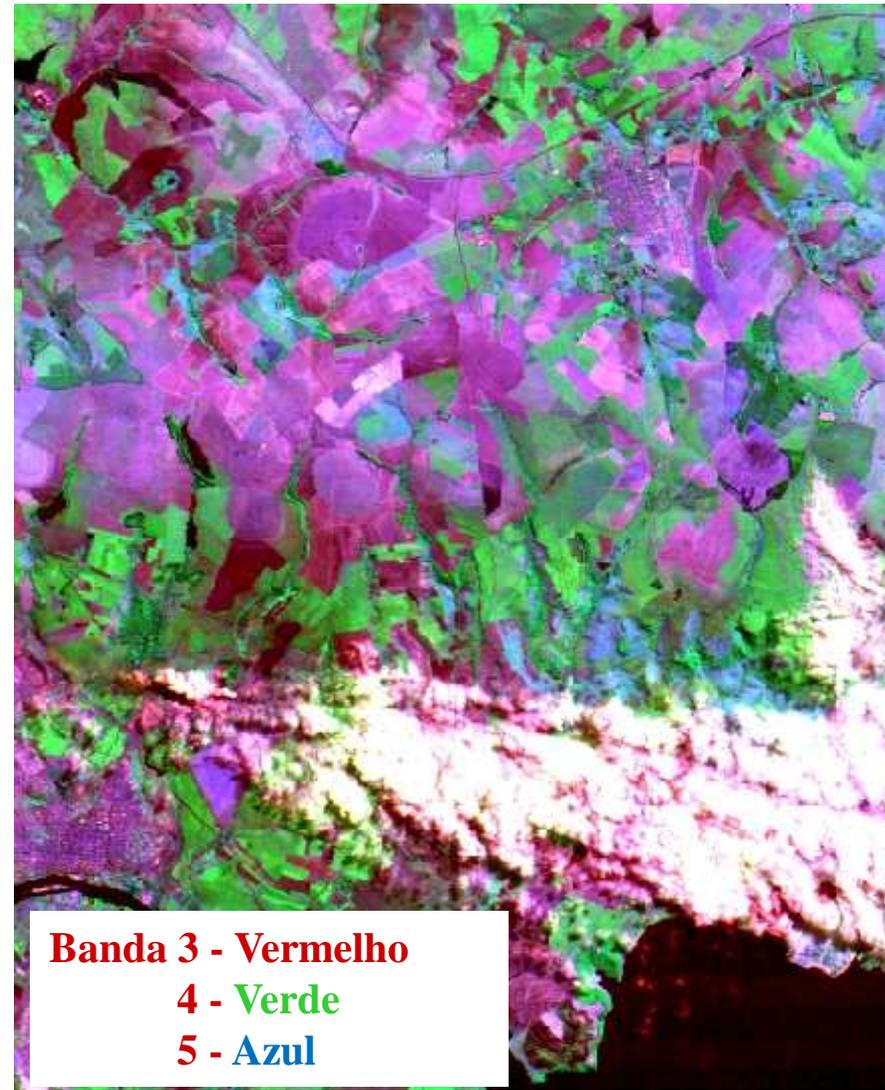


**“ O olho humano diferencia apenas 30 diferentes níveis de cinza”**

**Landsat 5 - 256 níveis de cinza  
0 - Preto  
255 - Branco**

## IMAGENS ORBITAIS

### Composição Colorida das Imagens de Sensoriamento Remoto



“ O olho humano difere 7 milhões de cores”

# **Sistemas Sensores**

**Sistema LANDSAT**

**Sistema CBERS**

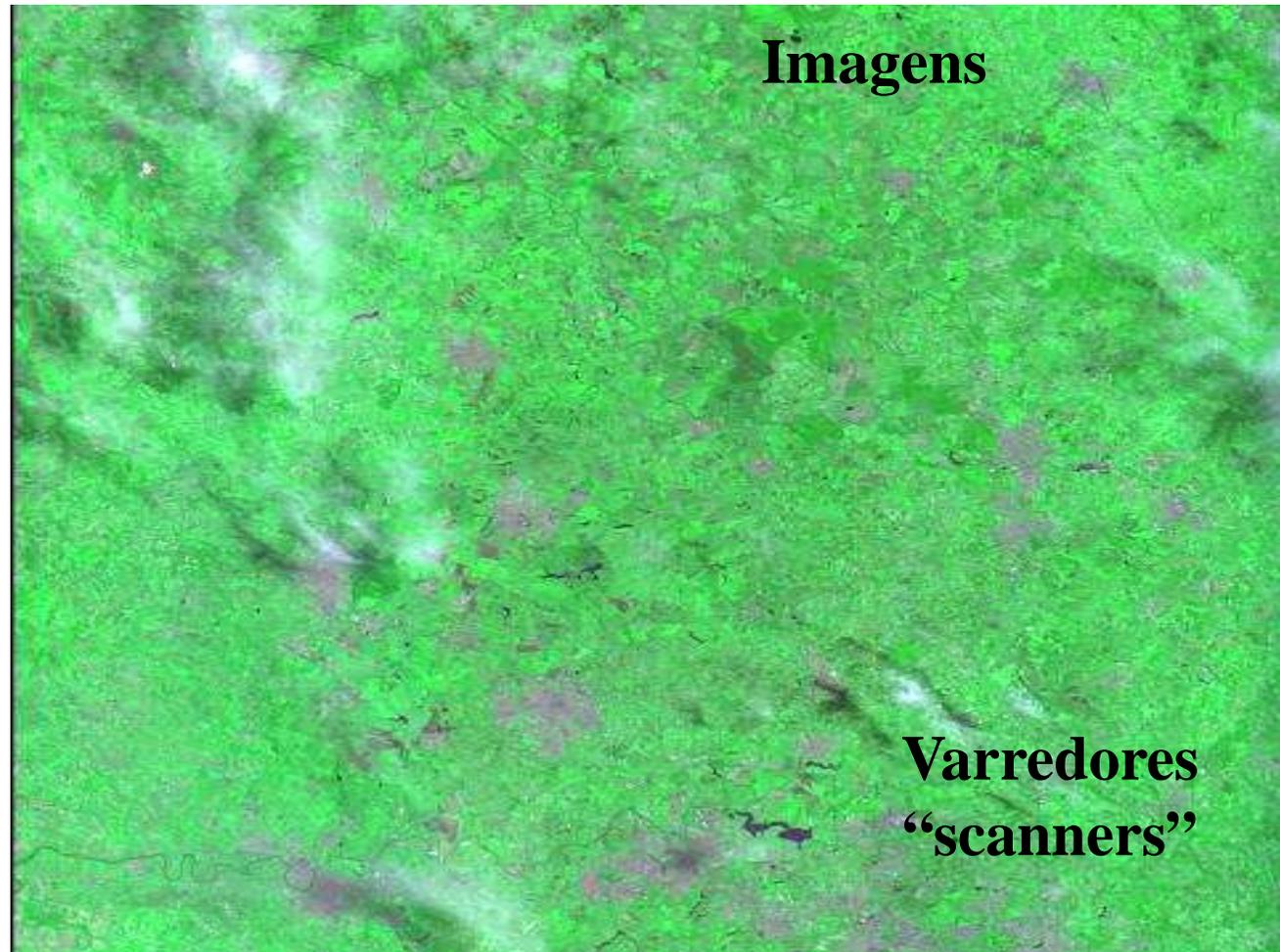
**Sistema IKONOS**

**Outros SISTEMAS**

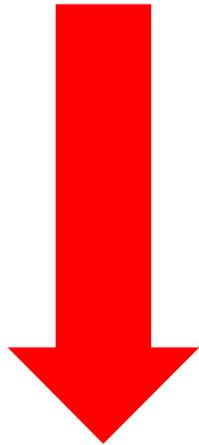
Classificação dos Sensores Remotos:

IMAGIADORES PASSIVOS

Sistemas Eletro-óptico/Sistemas fotográficos



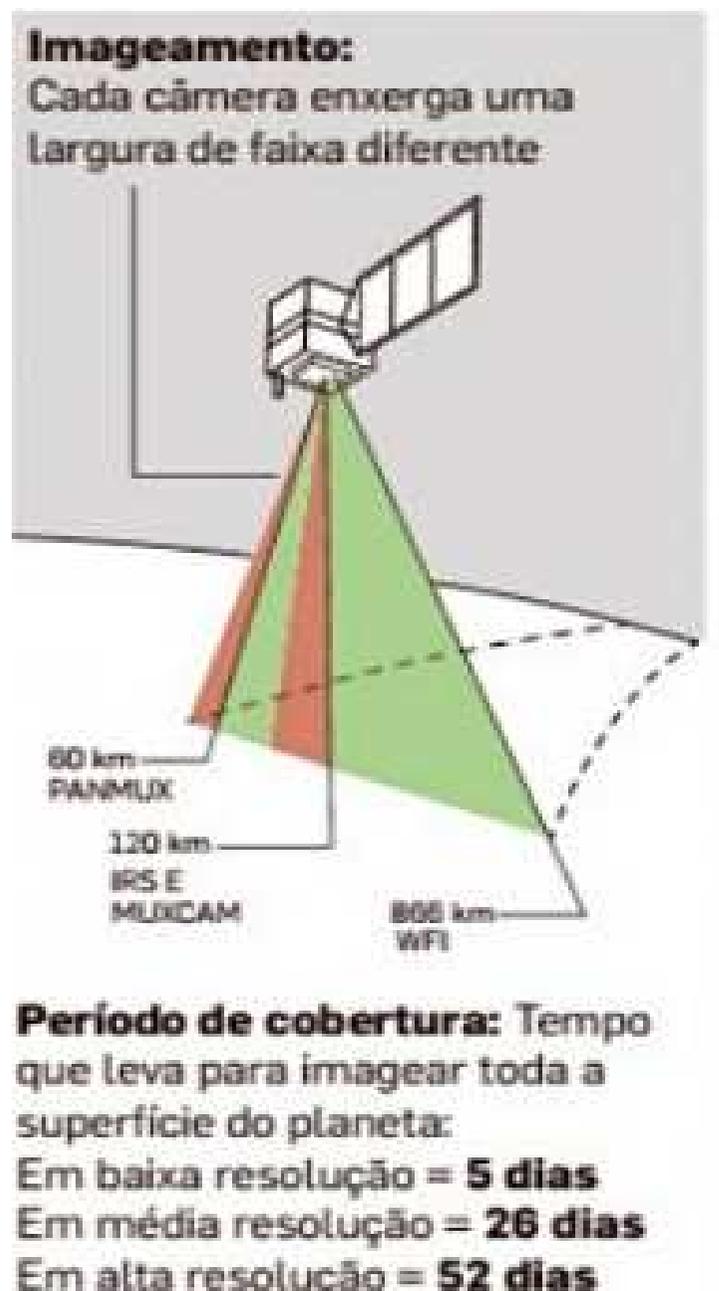
IMAGIADORES PASSIVOS



**Órbita Polar Circular e  
Heliossíncrona**

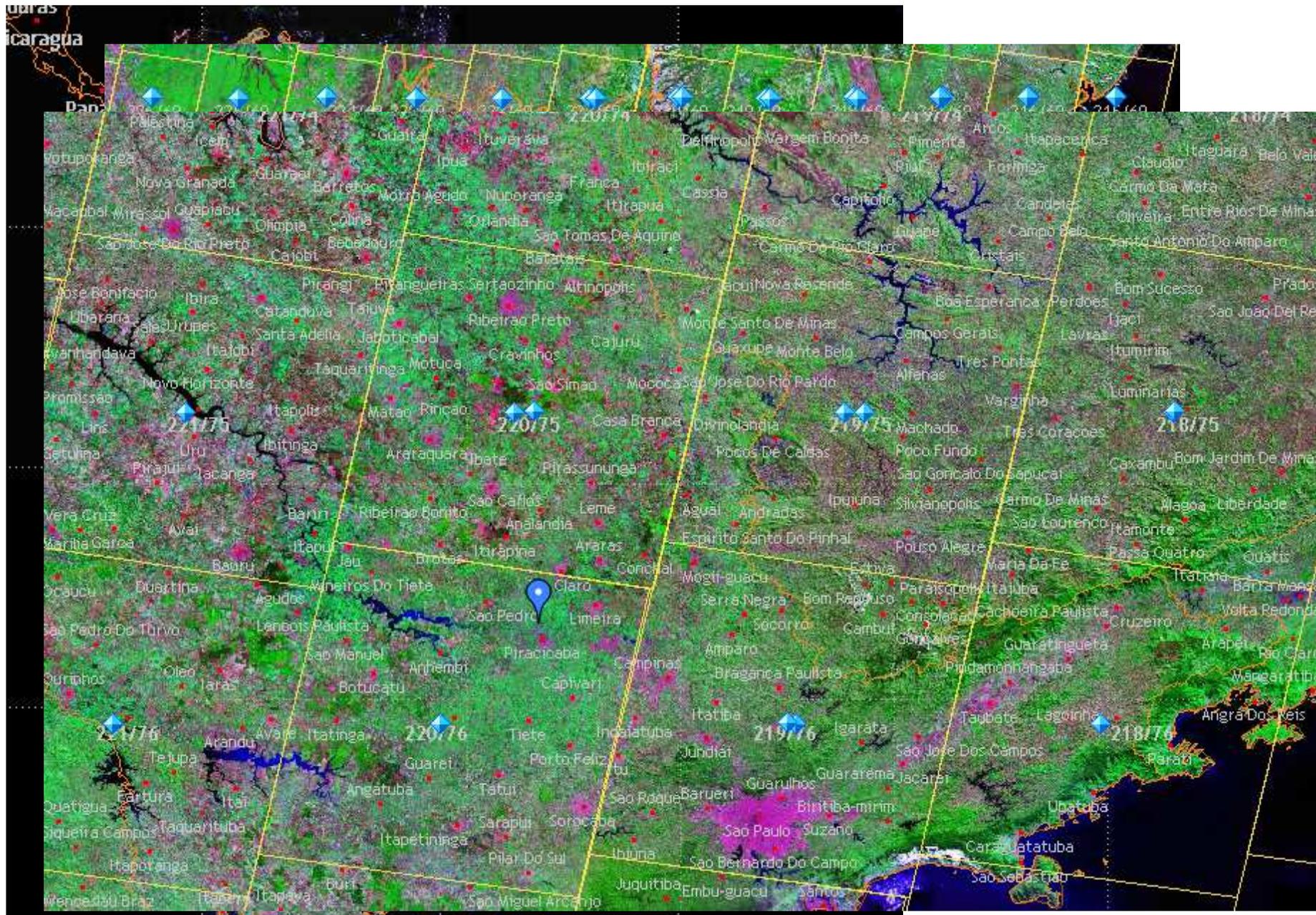


## Exemplo: CBERS 4



# ORBITA / PONTO – Landsat 5

(Fonte: Inpe)



# **Sistemas Sensores**

## **Imagiadores passivos**

### **SISTEMA LANDSAT**

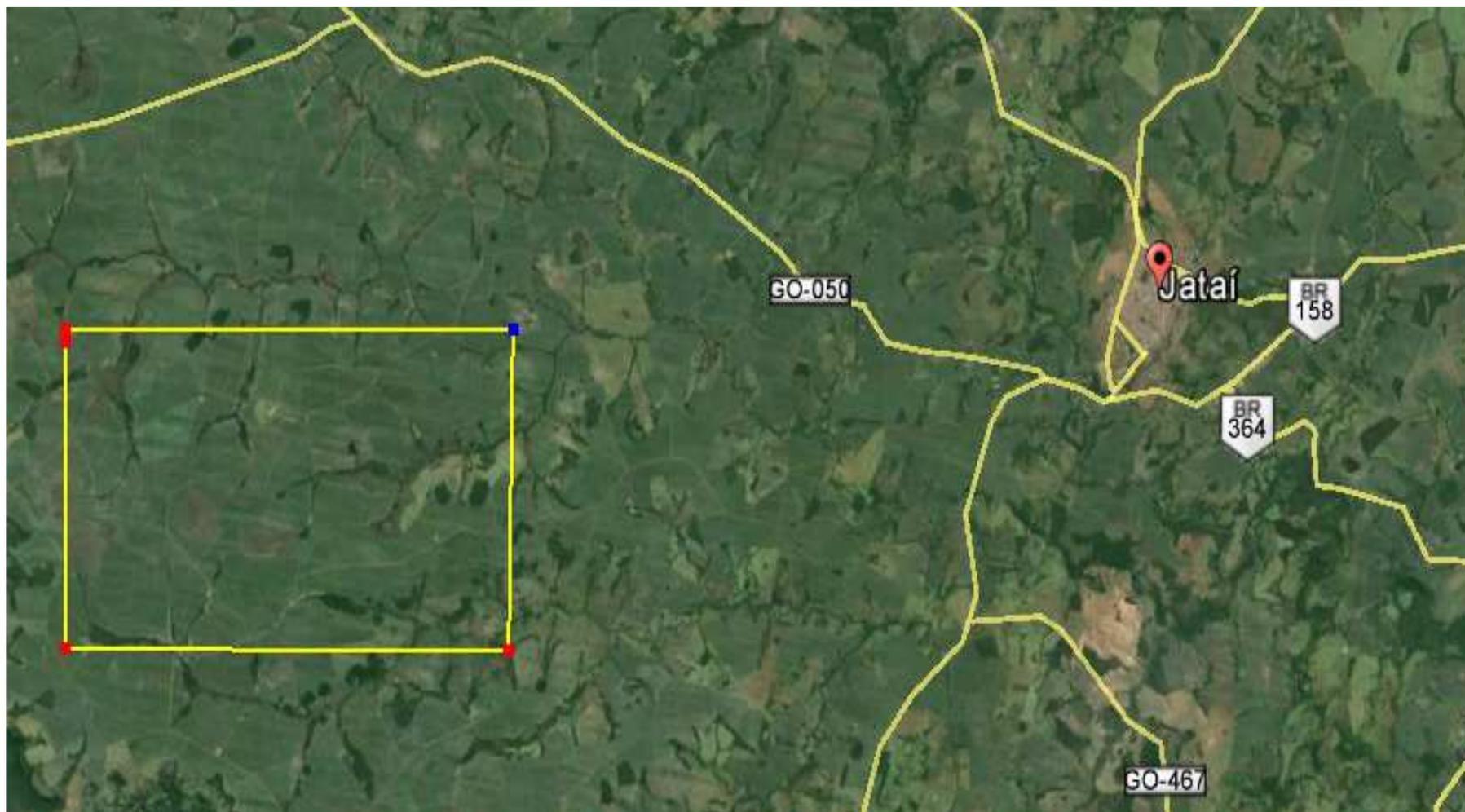
Missão	Land Remote Sensing Satellite (Landsat)					
Instituição Responsável	NASA (National Aeronautics and Space Administration)					
País/Região	Estados Unidos					
Satélite	LANDSAT 1	LANDSAT 2	LANDSAT 3	LANDSAT 4	LANDSAT 5	LANDSAT 7
Lançamento	27/7/1972	22/1/1975	5/3/1978	16/7/1982	1/3/1984	15/4/1999
Situação Atual	Inativo (06/01/1978)	Inativo (25/02/1982)	Inativo (31/03/1983)	Inativo (1993)	<del>Ativo</del>	Inativo (2003)
Órbita	Polar, Circular e heliosíncrona.					
Altitude	917 km	917 km	917 km	705 km	705 km	705 km
Inclinação	99°	99°	99°	98,2°	98,2°	98,3°
Tempo de Duração da Órbita	103,27 min	103,27 min	103,27 min	98,20 min	98,20 min	98,9 min
Horário de Passagem	9:15 A.M.	9:15 A.M.	9:15 A.M.	9:45 A.M.	9:45 A.M.	10:00 A.M.
Período de Revisita	18 dias	18 dias	18 dias	16 dias	16 dias	16 dias
Instrumentos Sensores	MSS	MSS	MSS	TM	TM	ETM+

**2011**  
**27 anos!!!**

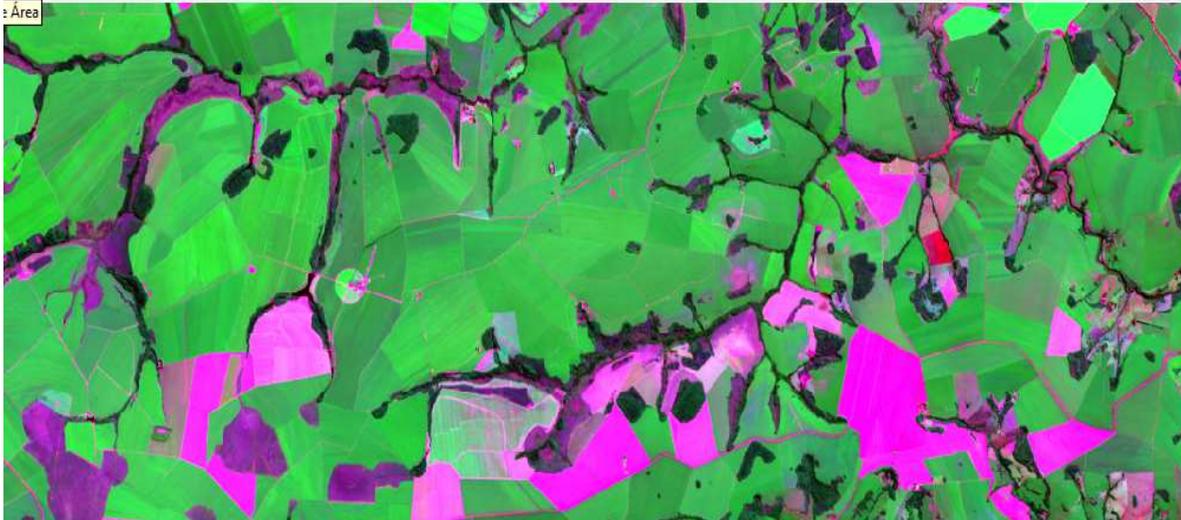
## SISTEMA LANDSAT 8 – Sensor OLI

Sensor	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
<u>Operational Land Imager (OLI)</u>	Banda <u>1</u> (Violeta) 0,43 – 0,45 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	16 bits (65.536 Níveis de Cinza)
	Banda <u>2</u> (Azul) 0,45 - 0,51 $\mu\text{m}$			
	Banda <u>3</u> (Verde) 0,53 - 0,59 $\mu\text{m}$			
	Banda <u>4</u> (Vermelho) 0,64 - 0,67 $\mu\text{m}$			
	Banda <u>5</u> (IVP) 0,85 - 0,88 $\mu\text{m}$			
	Banda <u>6</u> (IVM) 1,57 - 1,65 $\mu\text{m}$			
	Banda <u>7</u> (IVM) 2,11 - 2,29 $\mu\text{m}$			
	Banda <u>9</u> (Cirrus) 1,36 - 1,38 $\mu\text{m}$			
	Banda <u>8</u> (Pan) 0,50 - 0,68 $\mu\text{m}$	15 m		2013

# Cronologia de Uso e Ocupação do Solo

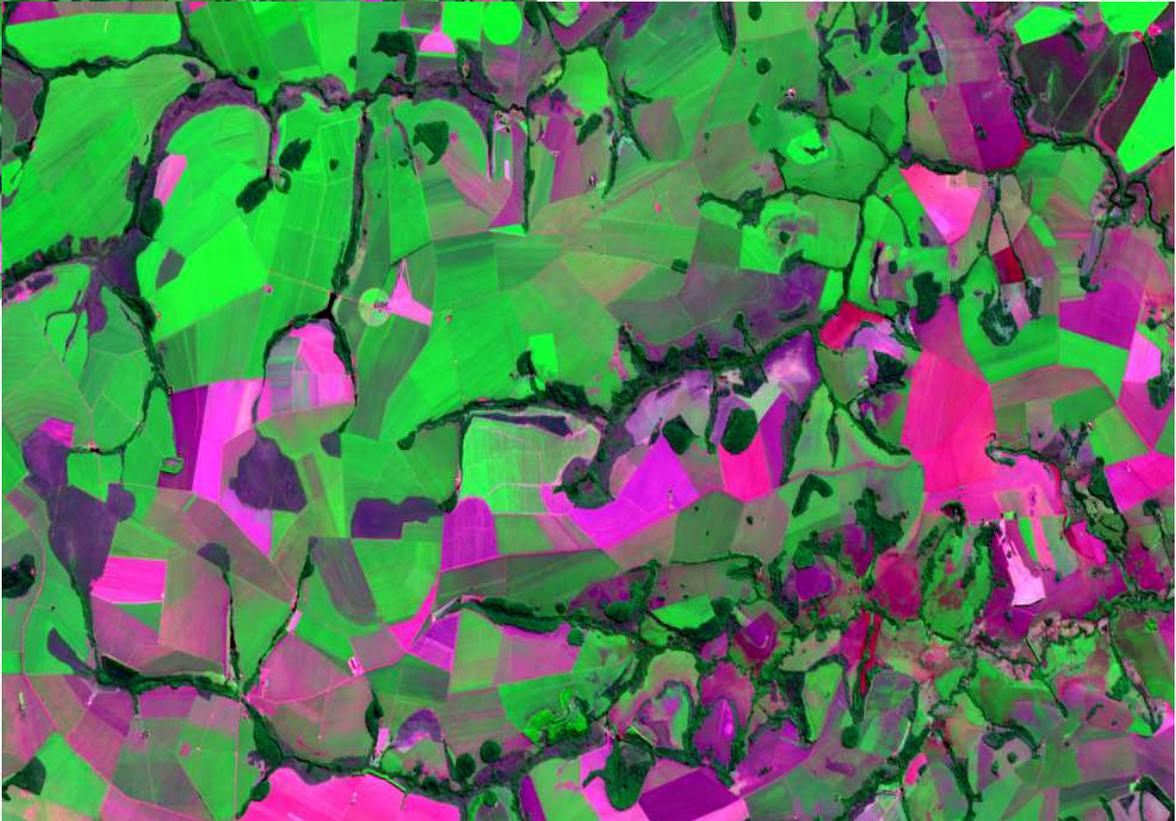


Área



**MAIO DE 2014**

**JUNHO DE 2014**





**JULHO DE 2014**



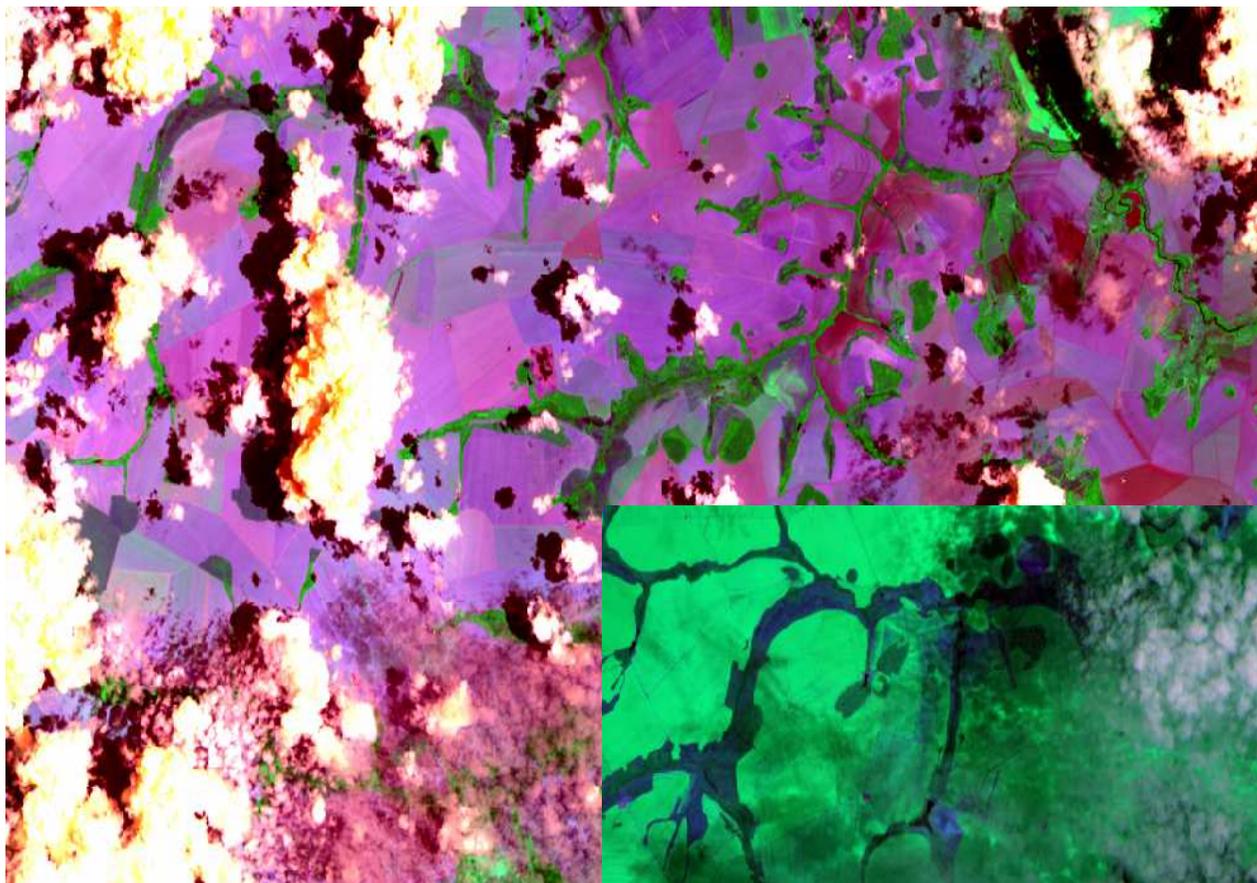
**AGOSTO DE 2014**



**SETEMBRO DE 2014**

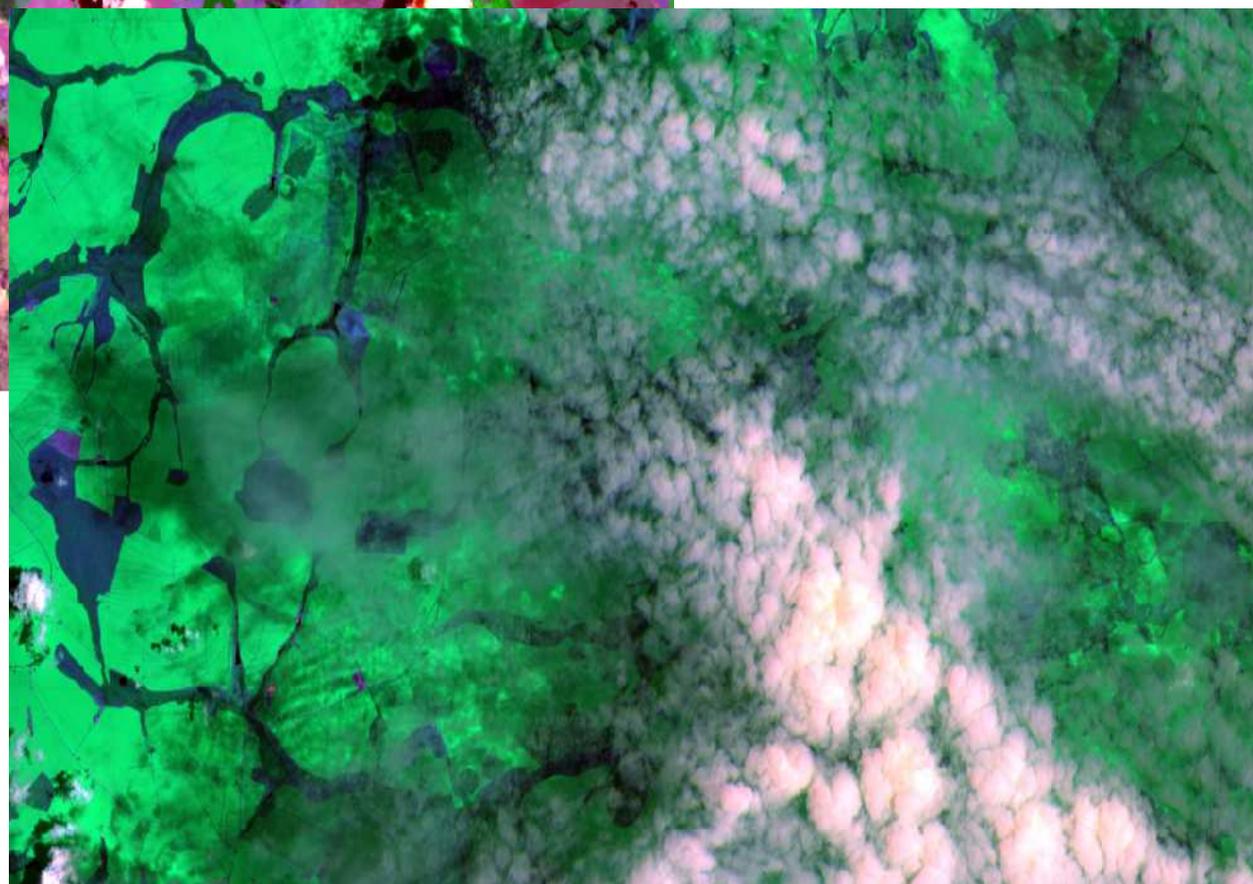


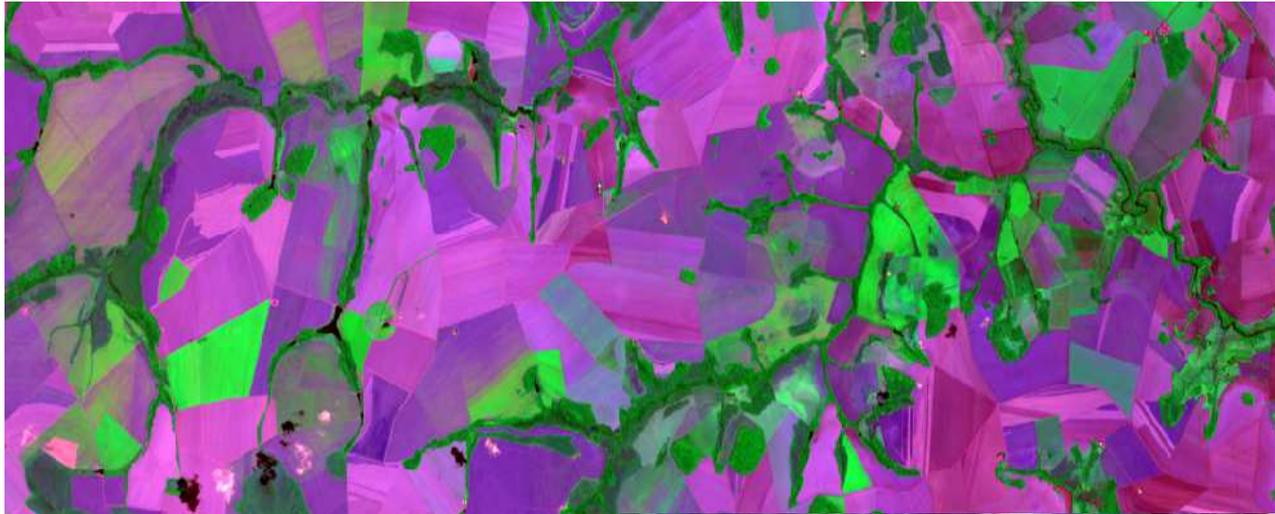
**OUTUBRO DE 2014**



**NOVEMBRO DE 2014**

**JANEIRO DE 2015**

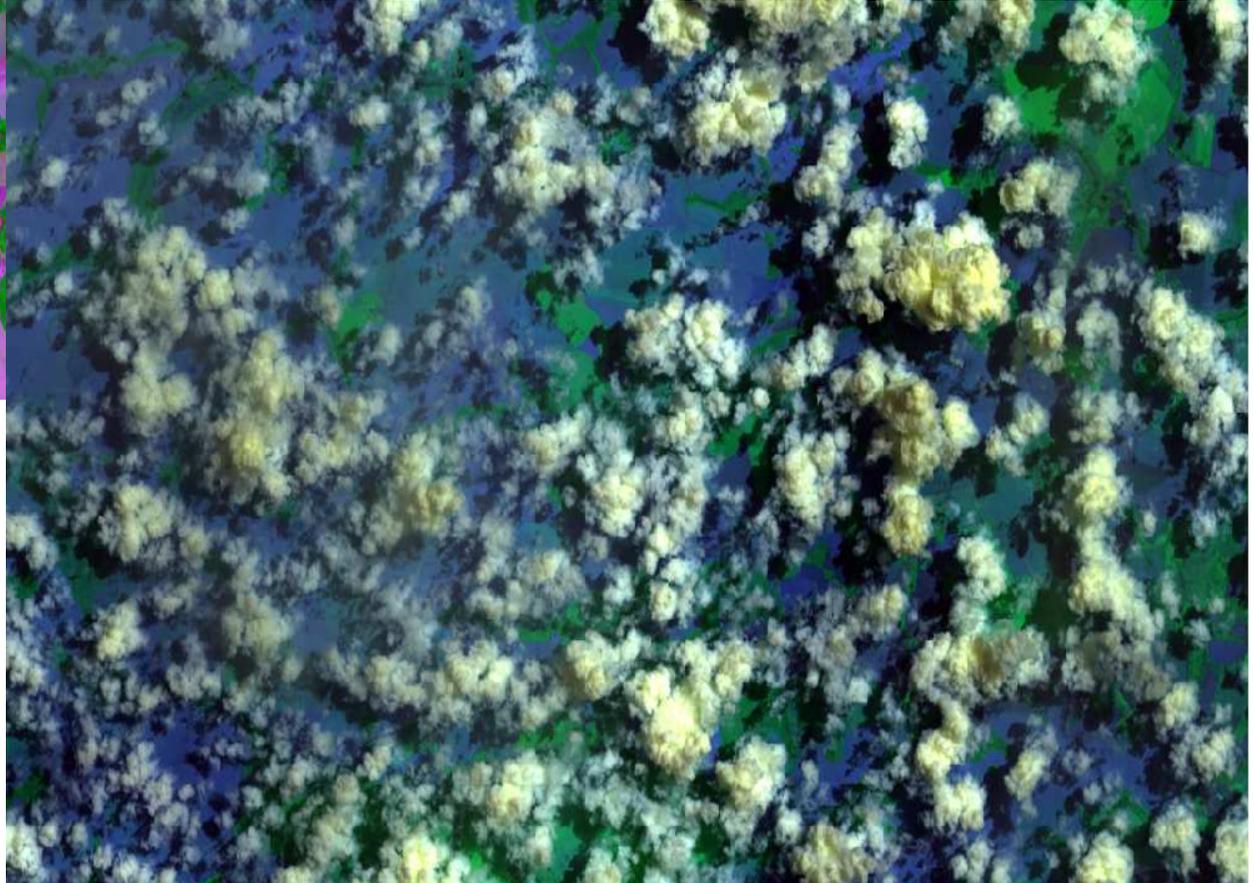


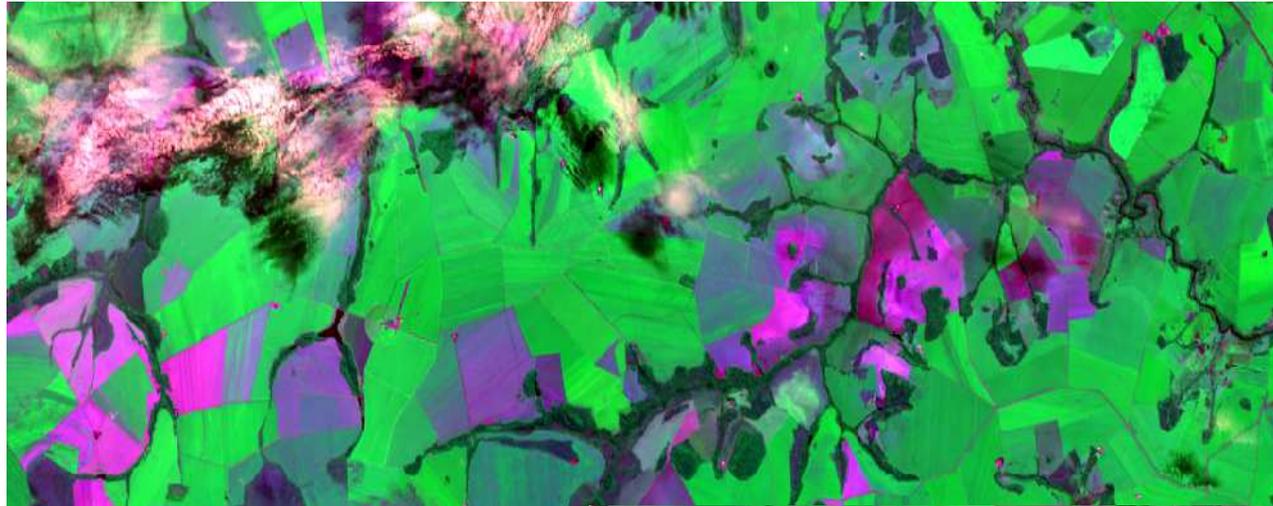


**FEVREIRO DE 2015**

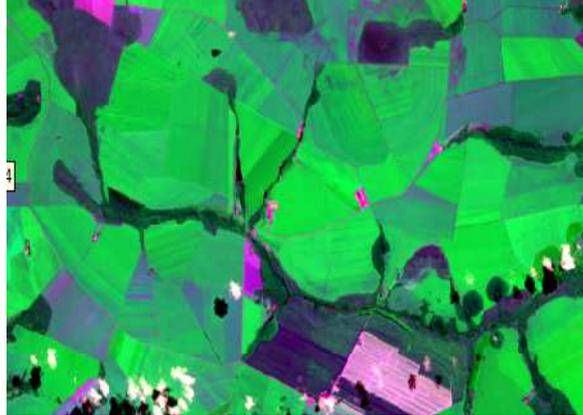


**MARÇO DE 2015**





**ABRIL DE 2015**

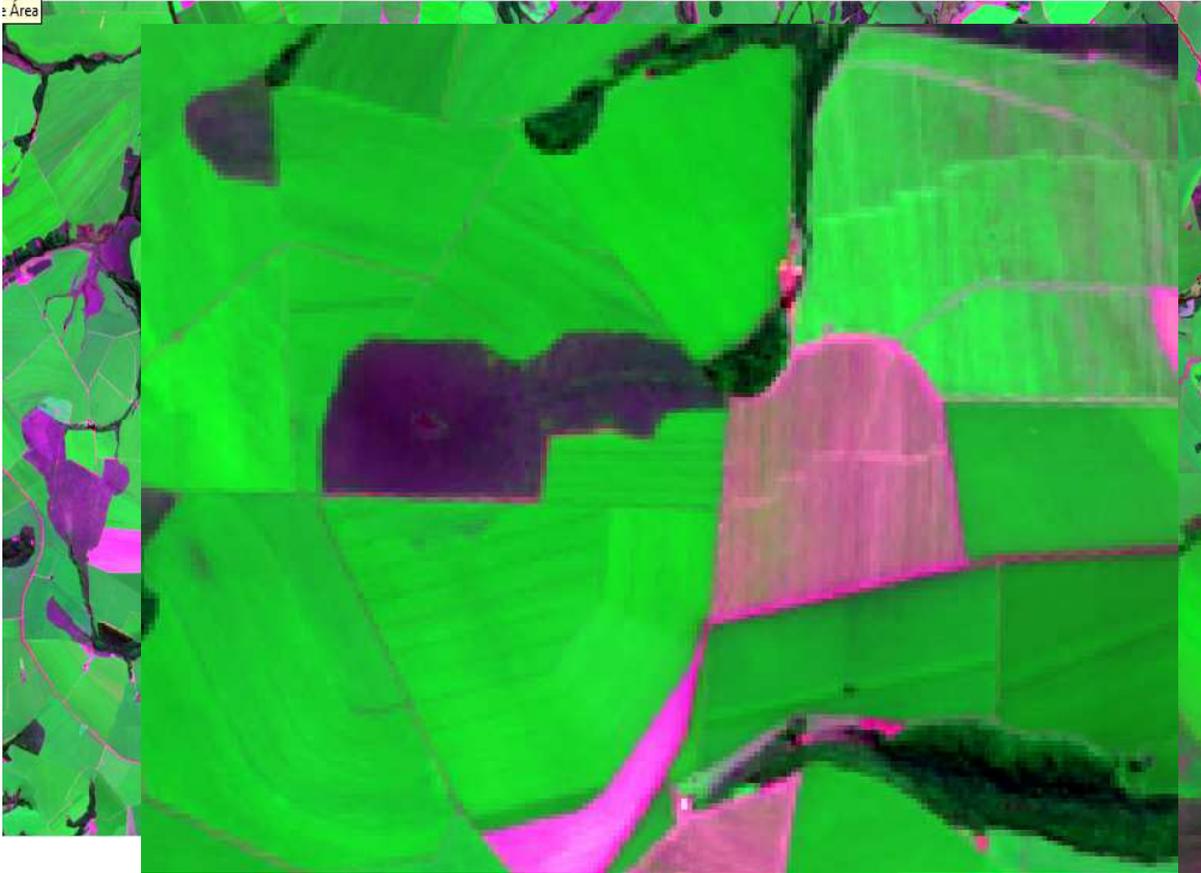


**MAIO DE 2015**



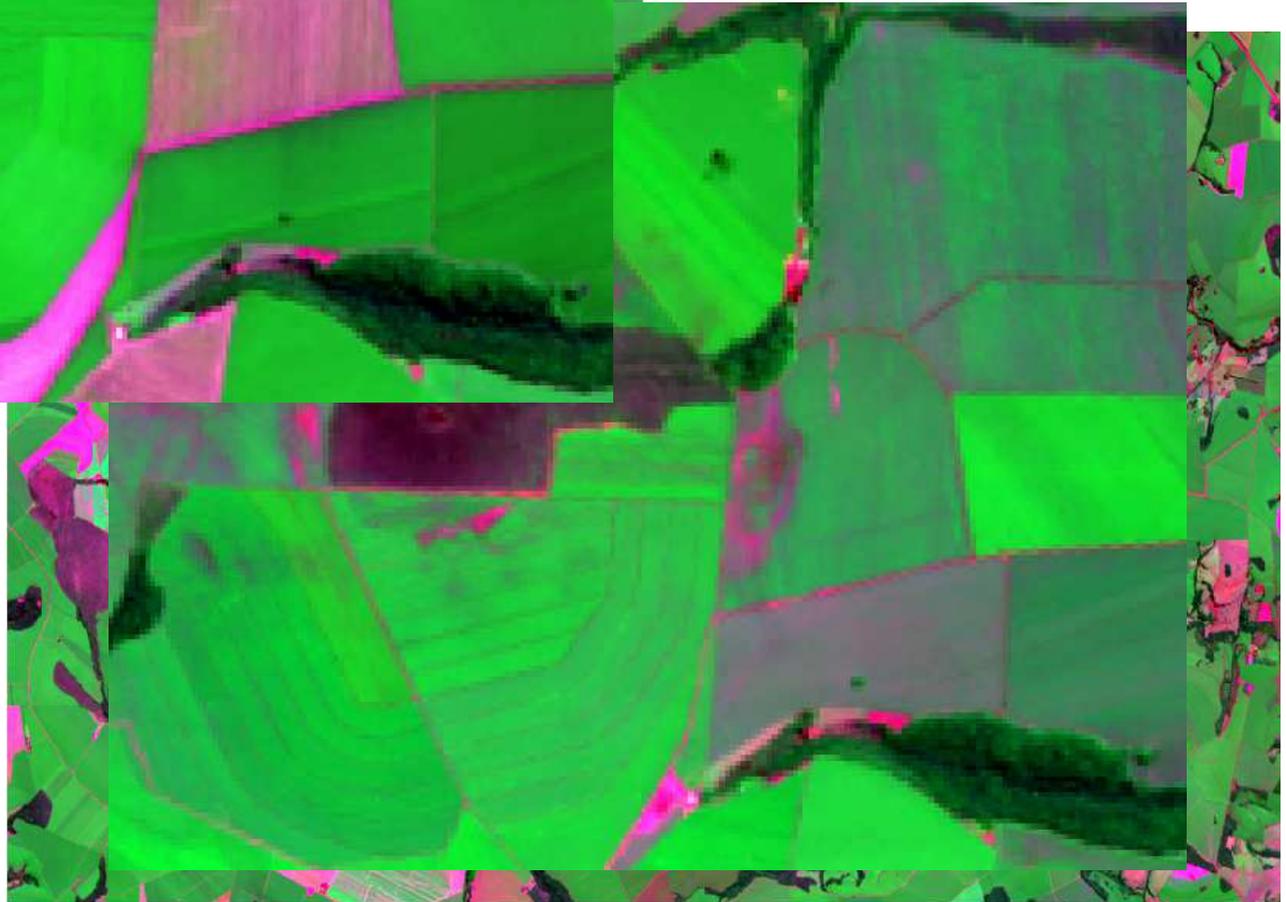
- **Observaram a cronologia do uso da Terra?**
  - **Notaram alguma diferença?**
  - **Notaram algum problema?**

Área



**MAIO DE 2014**

**MAIO DE 2015**



# Sistemas Sensores

## Imagiadores passivos

### SISTEMA CBERS



# SISTEMA CBERS

## SENSORES

**Imageador de Amplo Campo de Visada (WFI - Wide Field Imager)**

**Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD - High Resolution)**

**Imageador por Varredura de Média Resolução  
(IRMSS - Infrared Multispectral Scanner)**

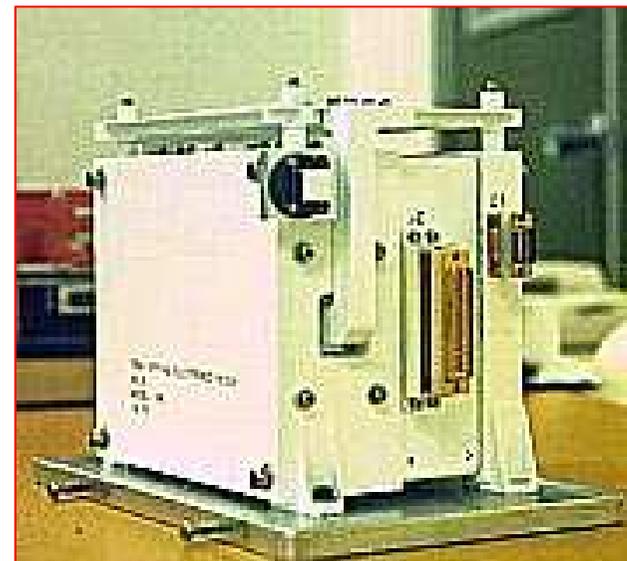
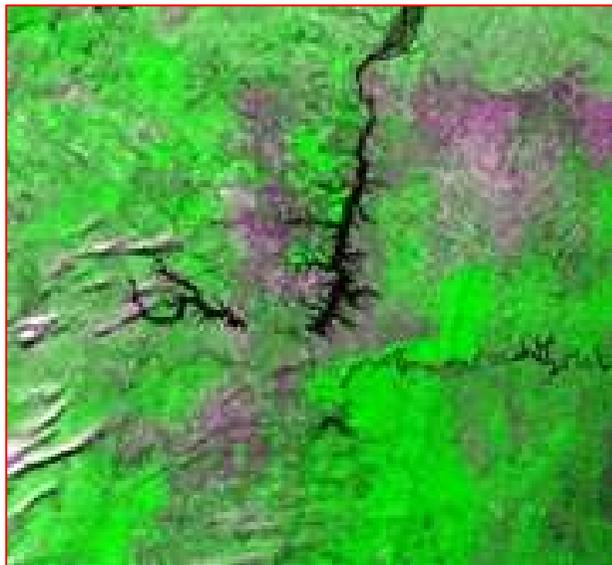
### **CEBERS 1 e 2**

**Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC - High  
Resolution Camera)**

### **CEBERS 2B**

## SISTEMA CBERS - SENSORES

### Imageador de Amplo Campo de Visada (WFI - Wide Field Imager)



#### Características do Imageador de Amplo Campo de Visada WFI

Bandas espectrais	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ (vermelho) 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ (infra-vermelho)
Campo de Visada	60°
Resolução espacial	260 x 260 m
Largura da faixa imageada	890 km
Resolução temporal	5 dias

## SISTEMA CBERS - SENSORES

### **Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD - High Resolution)**



#### **Características da Câmera Imageadora de Alta Resolução CCD**

<b>Bandas espectrais</b>	<b>0,51 - 0,73 <math>\mu\text{m}</math> (pan) 0,45 - 0,52 <math>\mu\text{m}</math> (azul) 0,52 - 0,59 <math>\mu\text{m}</math> (verde) 0,63 - 0,69 <math>\mu\text{m}</math> (vermelho) 0,77 - 0,89 <math>\mu\text{m}</math> (infravermelho próximo)</b>
<b>Campo de Visada</b>	<b>8,3°</b>
<b>Resolução espacial</b>	<b>20 x 20 m</b>
<b>Largura da faixa imageada</b>	<b>113 km</b>
<b>Capacidade de apontamento do espelho</b>	<b><math>\pm 32^\circ</math></b>
<b>Resolução temporal</b>	<b>26 dias com visada vertical (3 dias com visada lateral)</b>

## SISTEMA CBERS - SENSORES

### Imageador por Varredura de Média Resolução (IRMSS - Infrared Multispectral Scanner)



#### Características do Imageador por Varredura de Média Resolução IRMSS

<b>Bandas espectrais</b>	<b>0,50 - 1,10 <math>\mu\text{m}</math> (pancromática) 1,55 - 1,75 <math>\mu\text{m}</math> (IVM) 2,08 - 2,35 <math>\mu\text{m}</math> (IVM) 10,40 - 12,50 <math>\mu\text{m}</math> (IVTermal)</b>
<b>Campo de Visada</b>	<b>8,8°</b>
<b>Resolução espacial</b>	<b>80 x 80 m (160 x 160 m termal)</b>
<b>Largura da faixa imageada</b>	<b>120 km</b>
<b>Resolução temporal</b>	<b>26 dias</b>

## SISTEMA CBERS - SENSORES

### **Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC - High Resolution Camera)**

<b>Características da Câmera Pancromática de Alta Resolução - HRC</b>	
<b>Banda espectral</b>	<b>0,50 - 0,80 <math>\mu\text{m}</math>(PAN)</b>
<b>Campo de Visada</b>	<b>2,1°</b>
<b>Resolução espacial</b>	<b>2,7 x 2,7 m</b>
<b>Largura da faixa imageada</b>	<b>27 km (nadir)</b>
<b>Resolução temporal</b>	<b>130 dias</b>
<b>Quantização</b>	<b>8 bits</b>

**CEBERS - 2B (lançamento 2007)**

CBERS 2B – HRC 02/09/2008

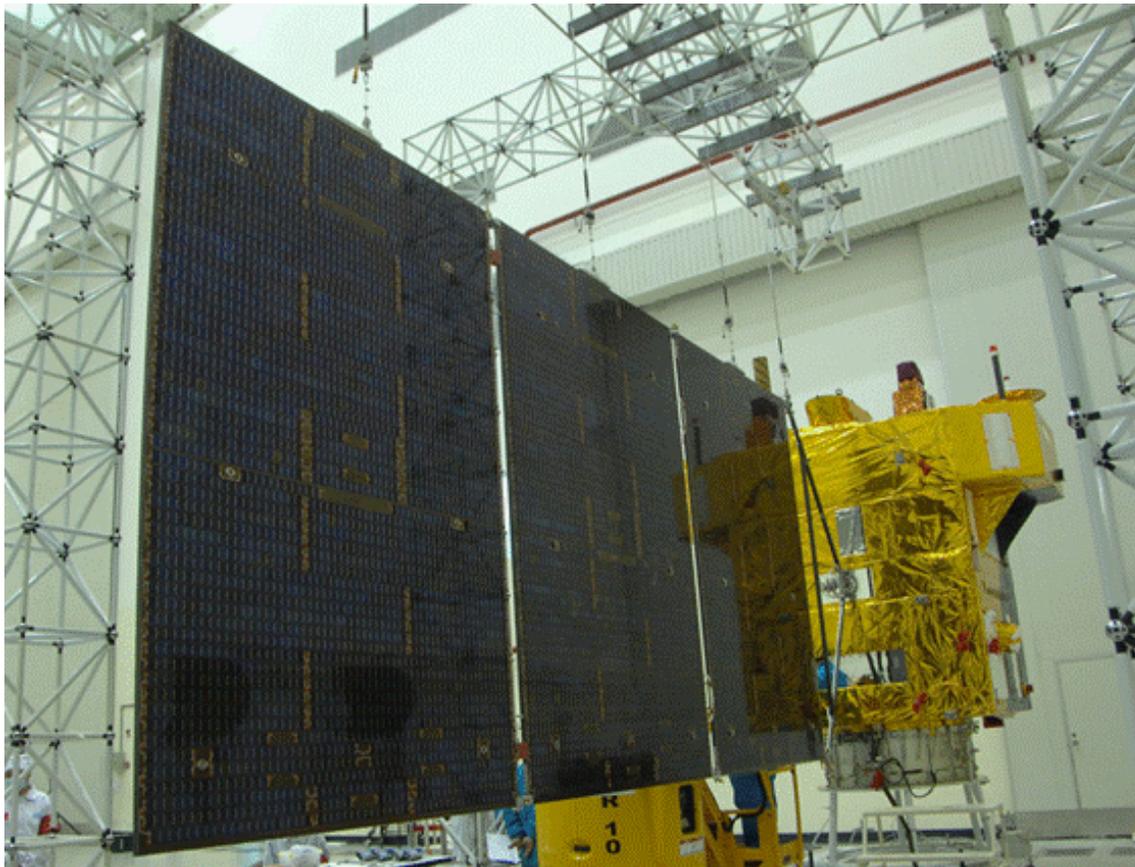




**-Áreas Agrícolas**  
**-APP's**  
**-Reserva Legal**

# **CBERS - 4**

**Lançamento 07/12/2014**



## **SENSORES:**

**PAN – 5m**

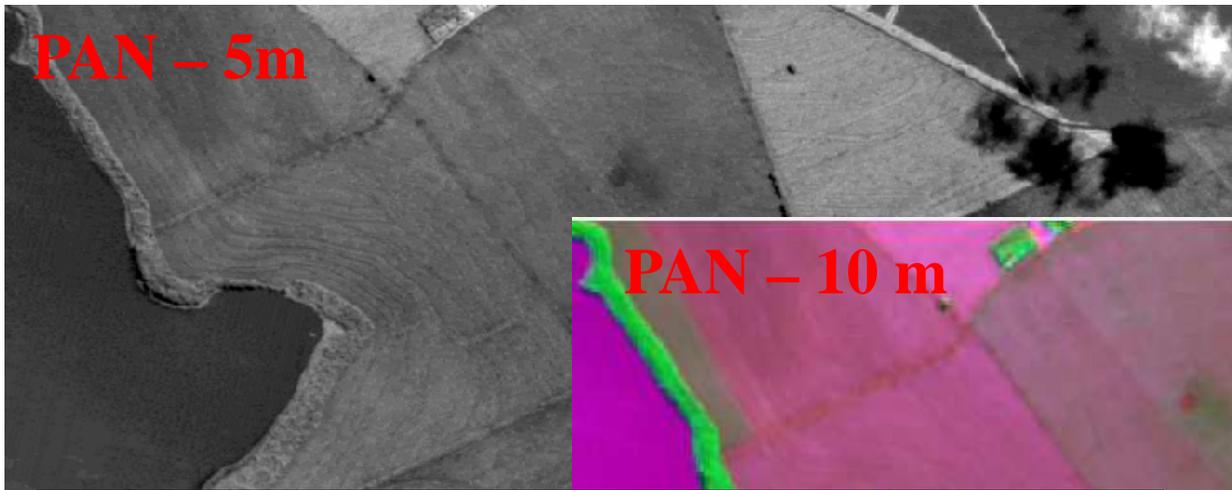
**PAN – 10 m**

**MUX – 20 m**

**IRS – 40 m / 80m**

**WFI – 64 m**

**Altitude 778 km**

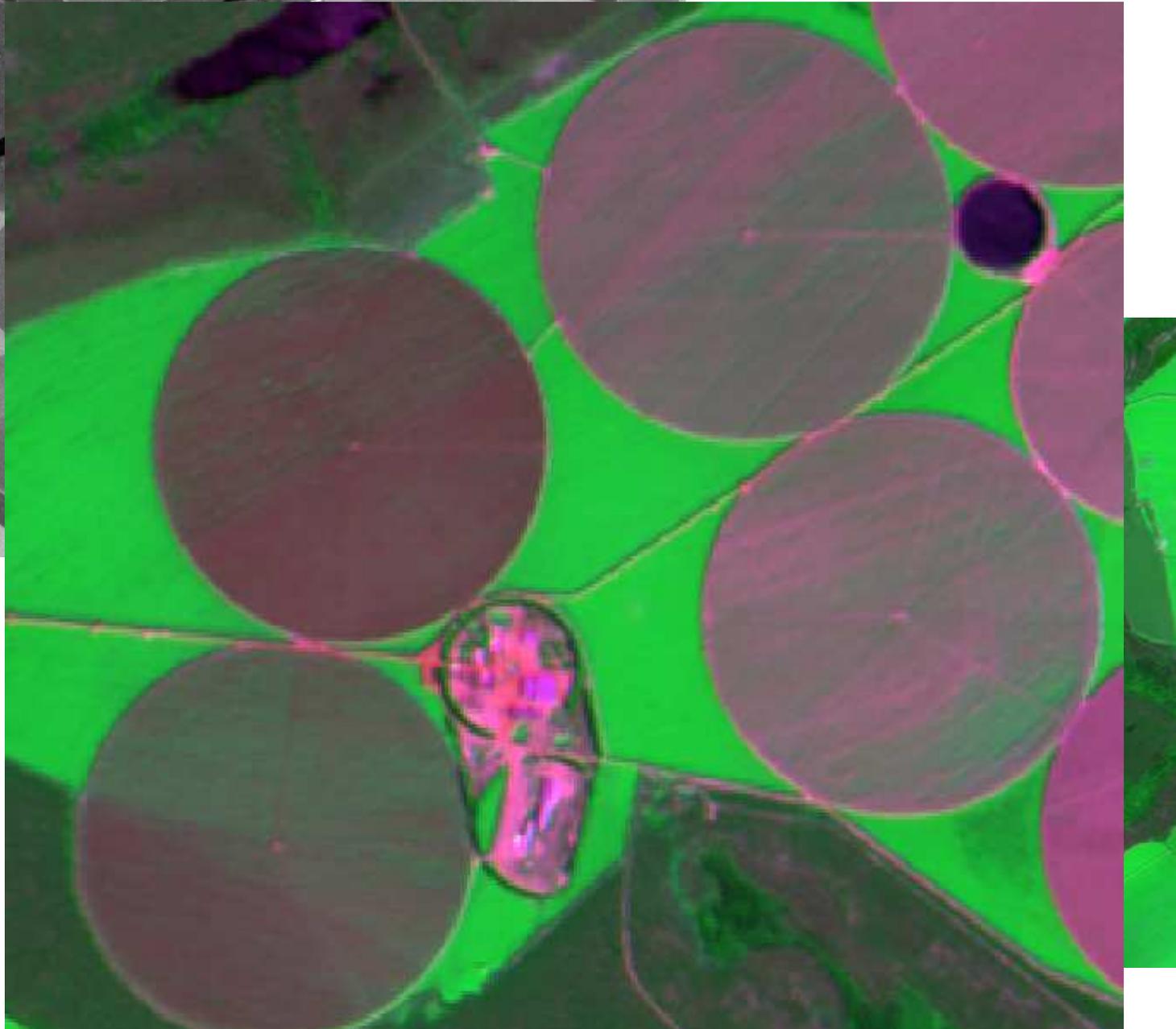
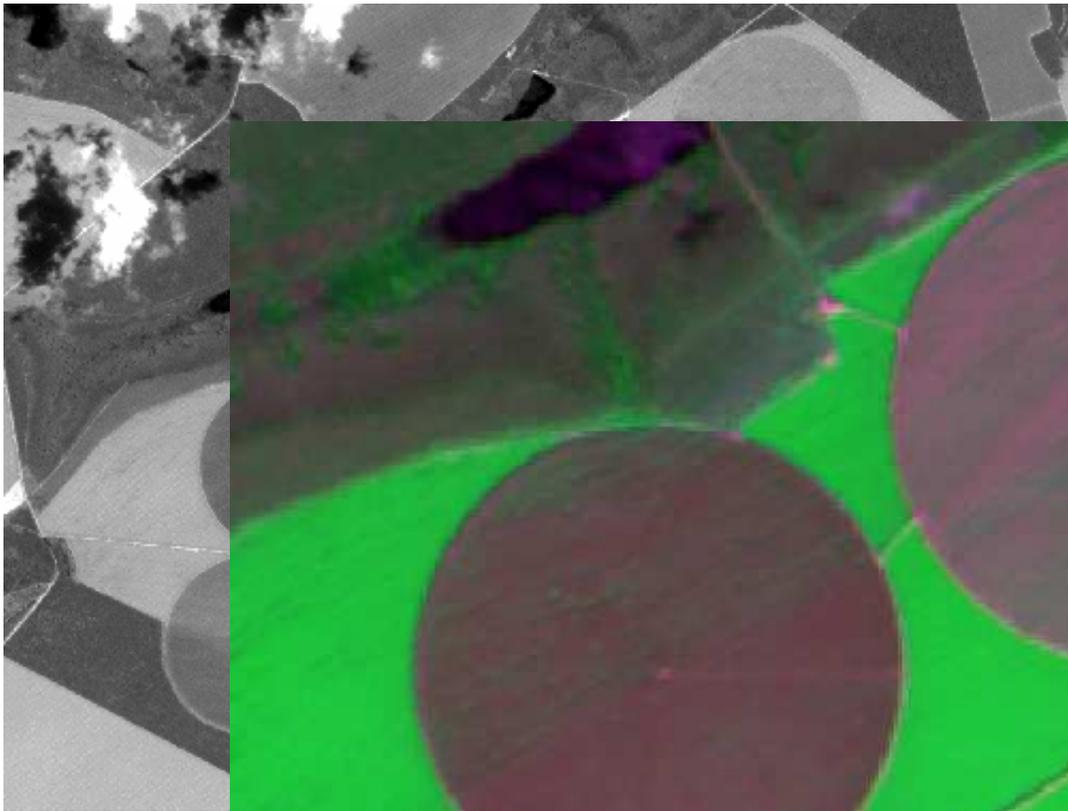


PAN – 5m

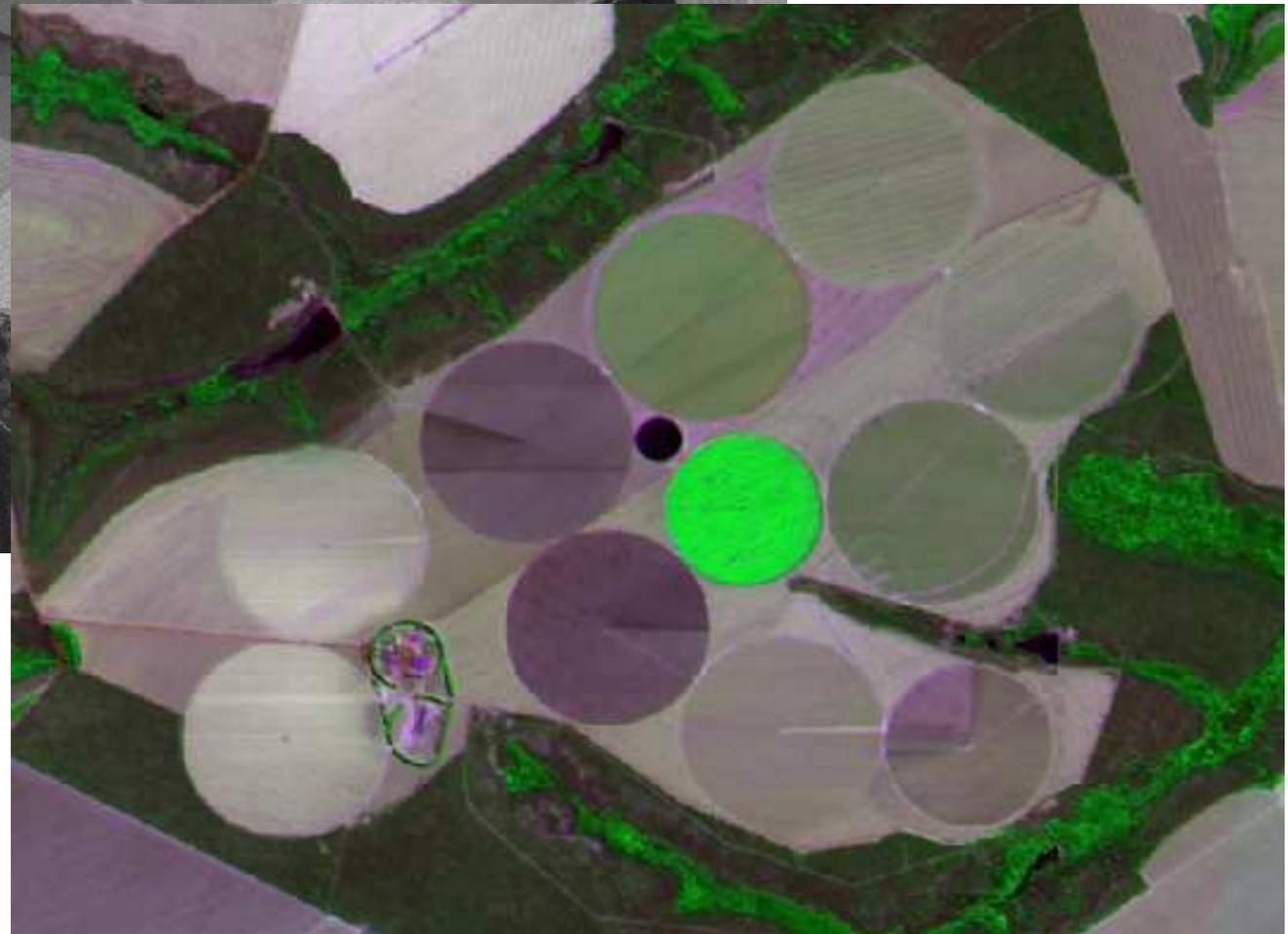
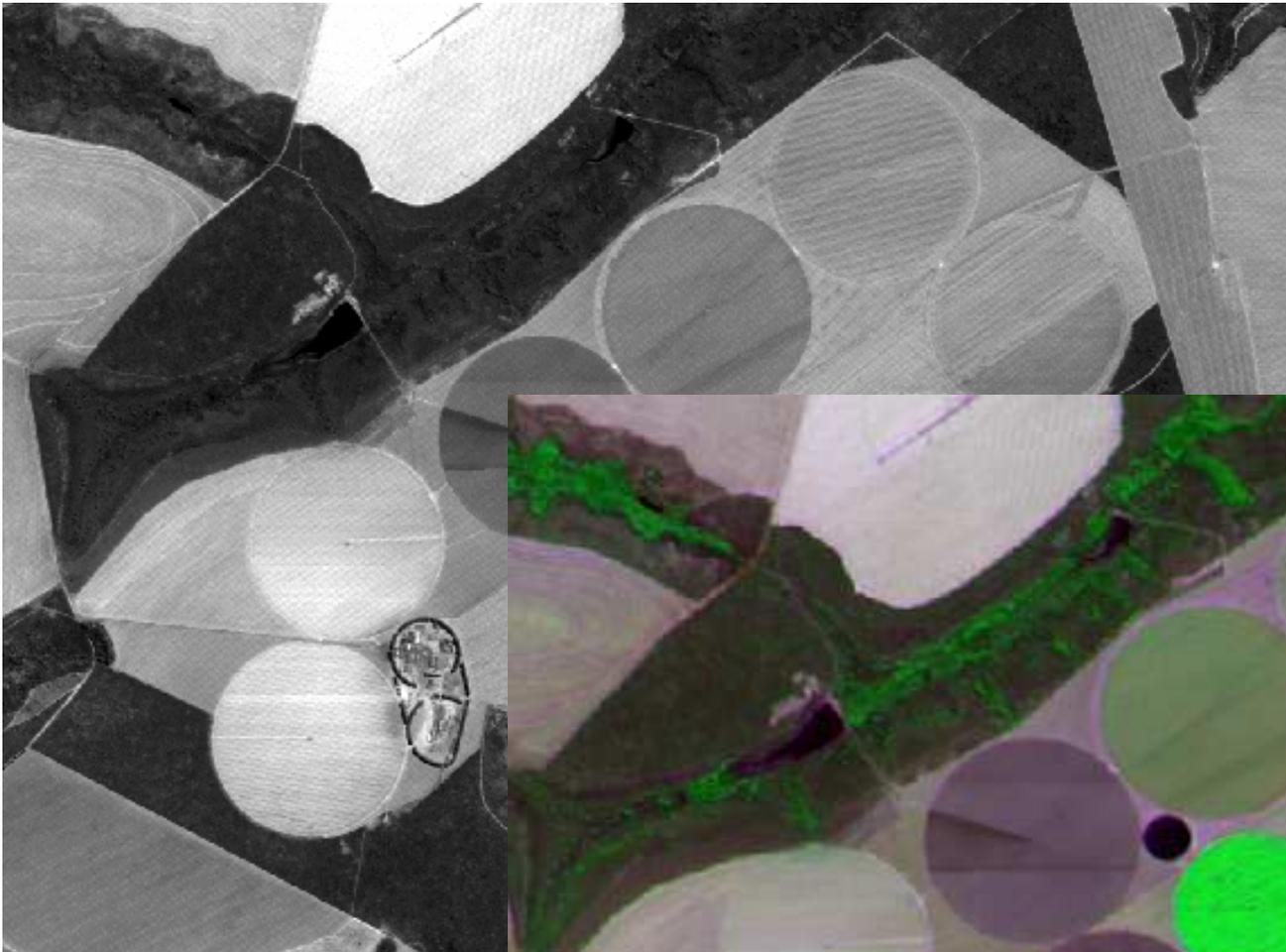
PAN – 10 m

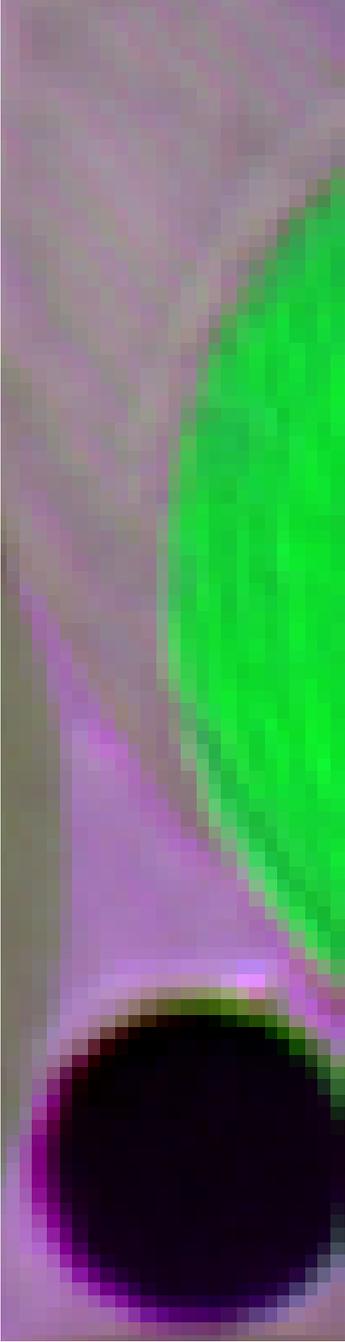
		PAN
Resolução Espectral	<b>B1</b>	510-850nm (Pan)
	<b>B2</b>	520-590nm (G)
	<b>B3</b>	630-690nm (R)
	<b>B4</b>	770-890nm (NIR)
Resolução Espacial	5 m / 10 m	
Resolução Temporal	52 dias	
Resolução Radiométrica	8 bits	
Largura da Faixa Imageada	60 km	

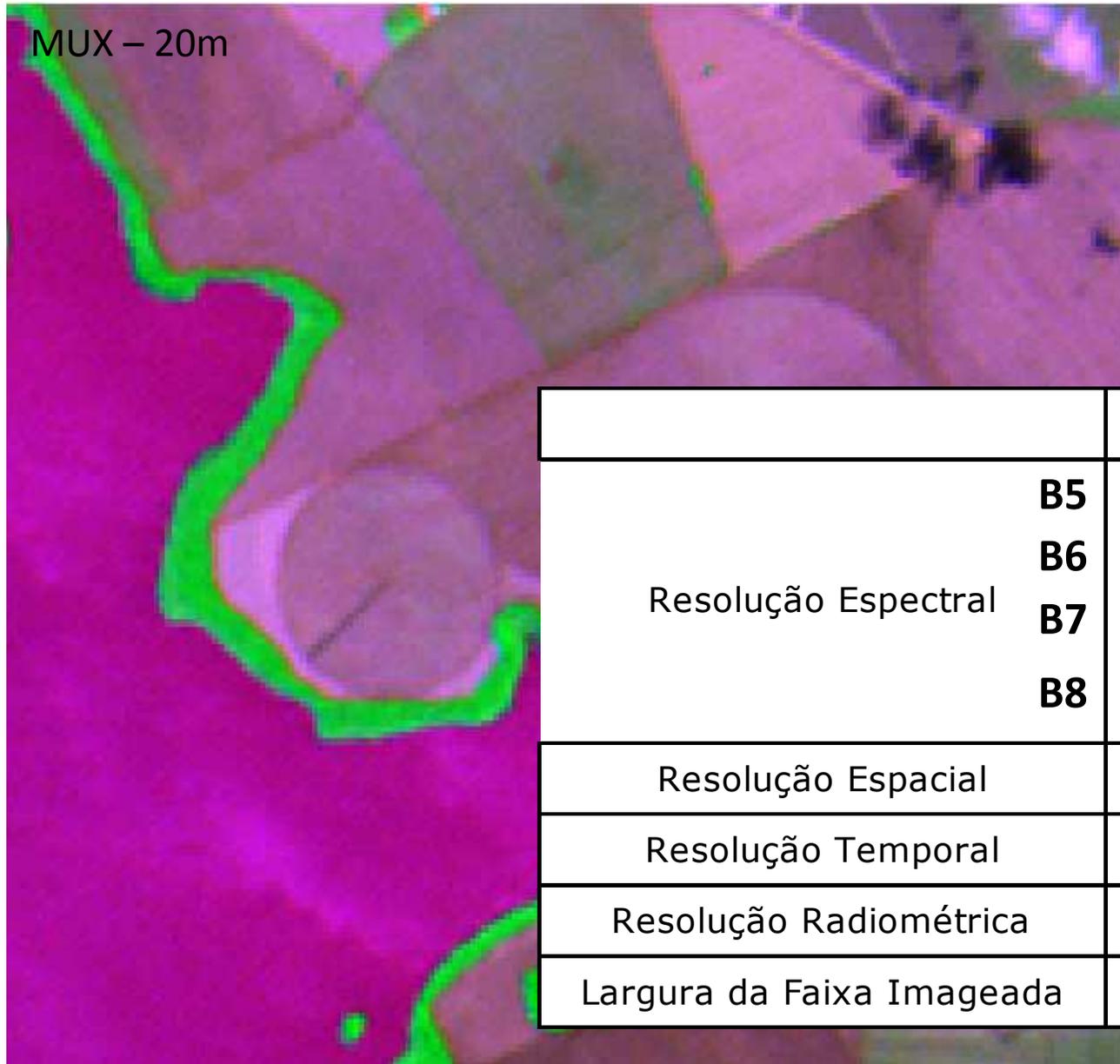
20/02/2017



16/09/2017

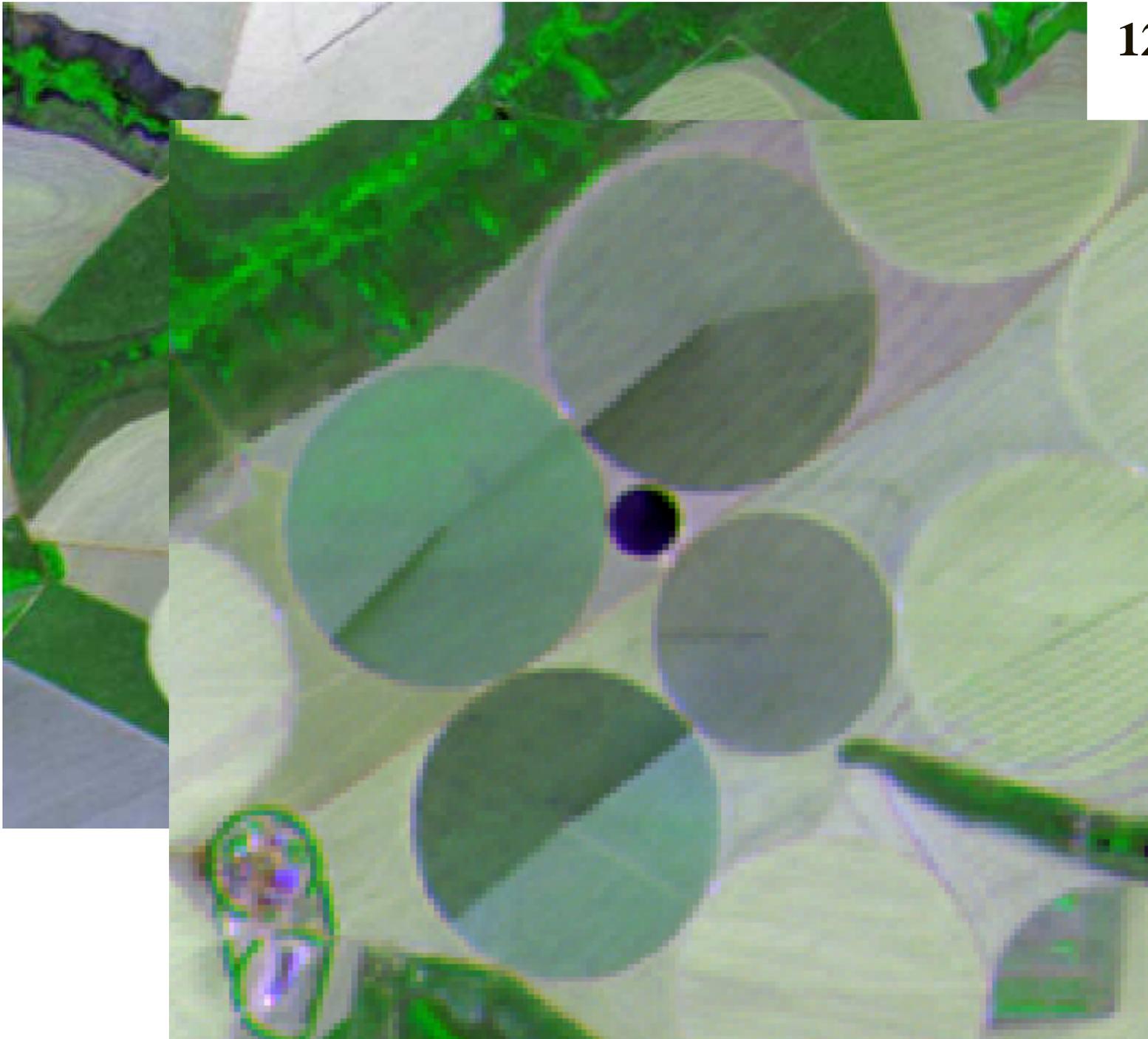






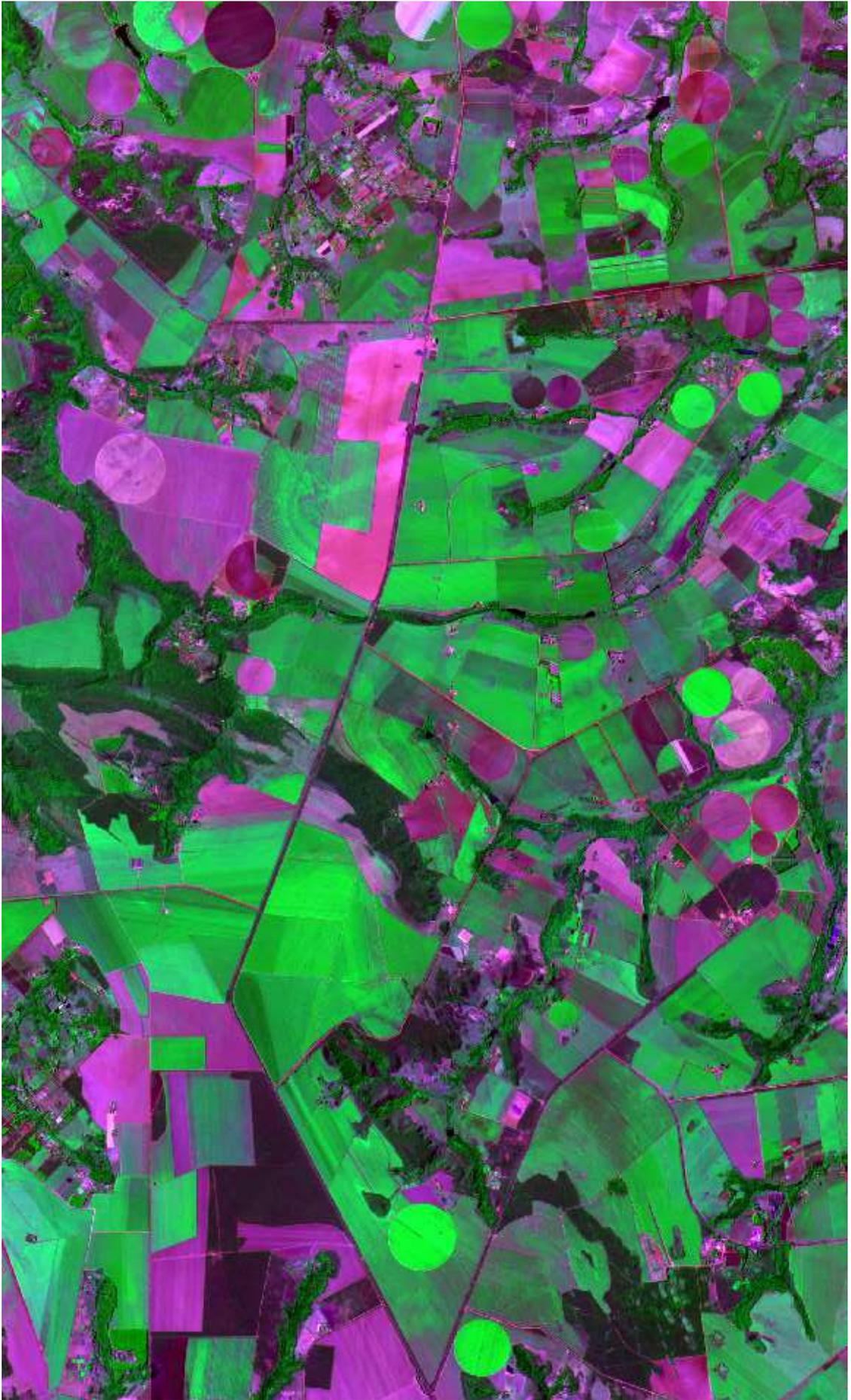
		MUX
Resolução Espectral	<b>B5</b>	450-520 nm (B)
	<b>B6</b>	520-590nm (G)
	<b>B7</b>	630-690nm (R)
	<b>B8</b>	770-890nm (NIR)
Resolução Espacial		20 m
Resolução Temporal		26 dias
Resolução Radiométrica		8 bits
Largura da Faixa Imageada		120 km

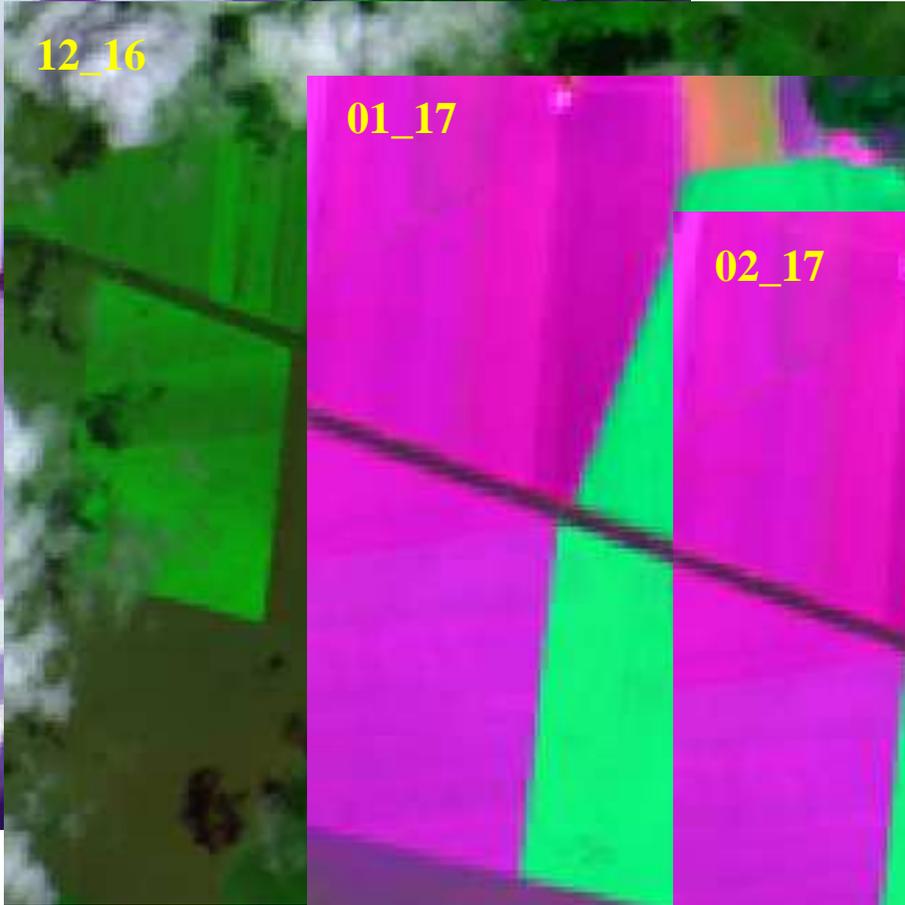
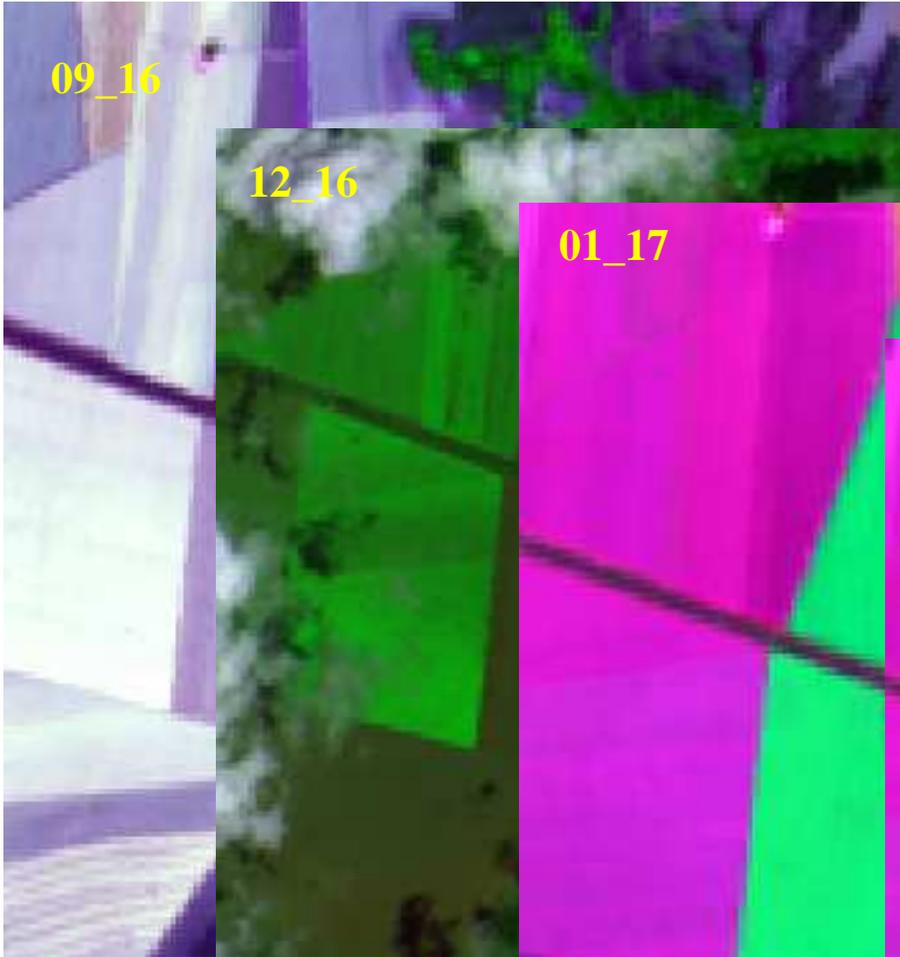
**12/10/2017**

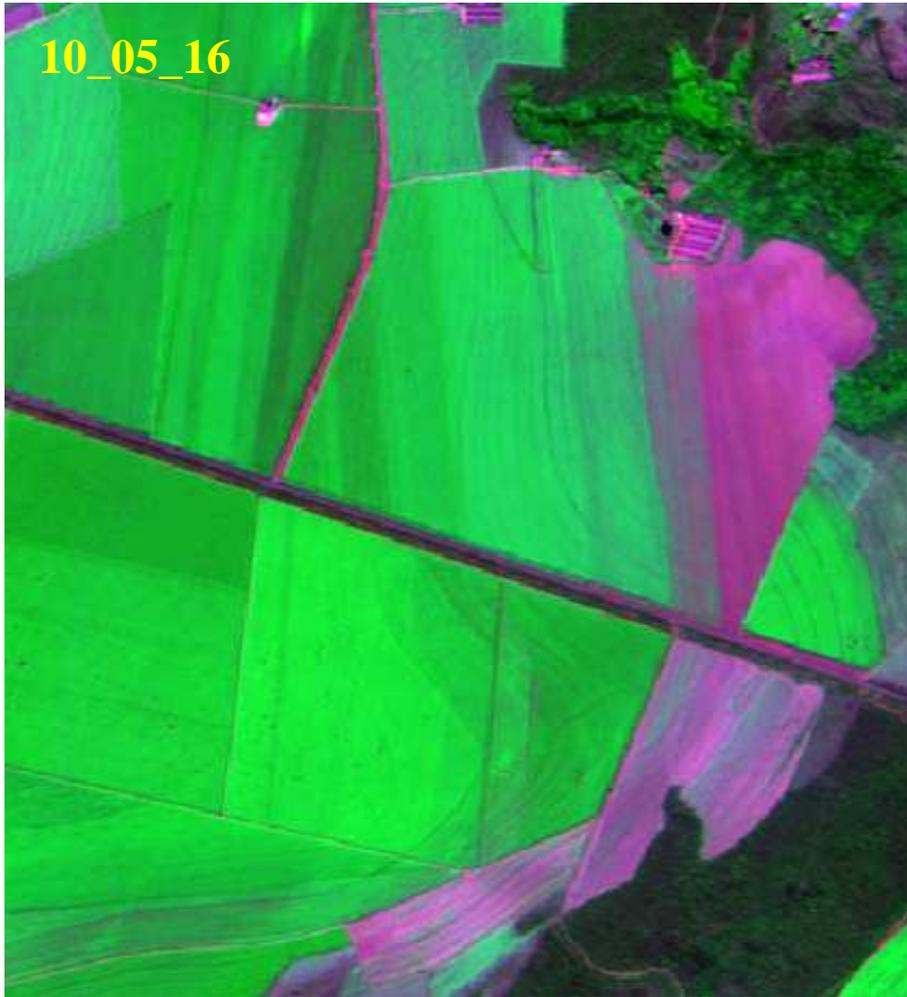


# Monitoramento de culturas







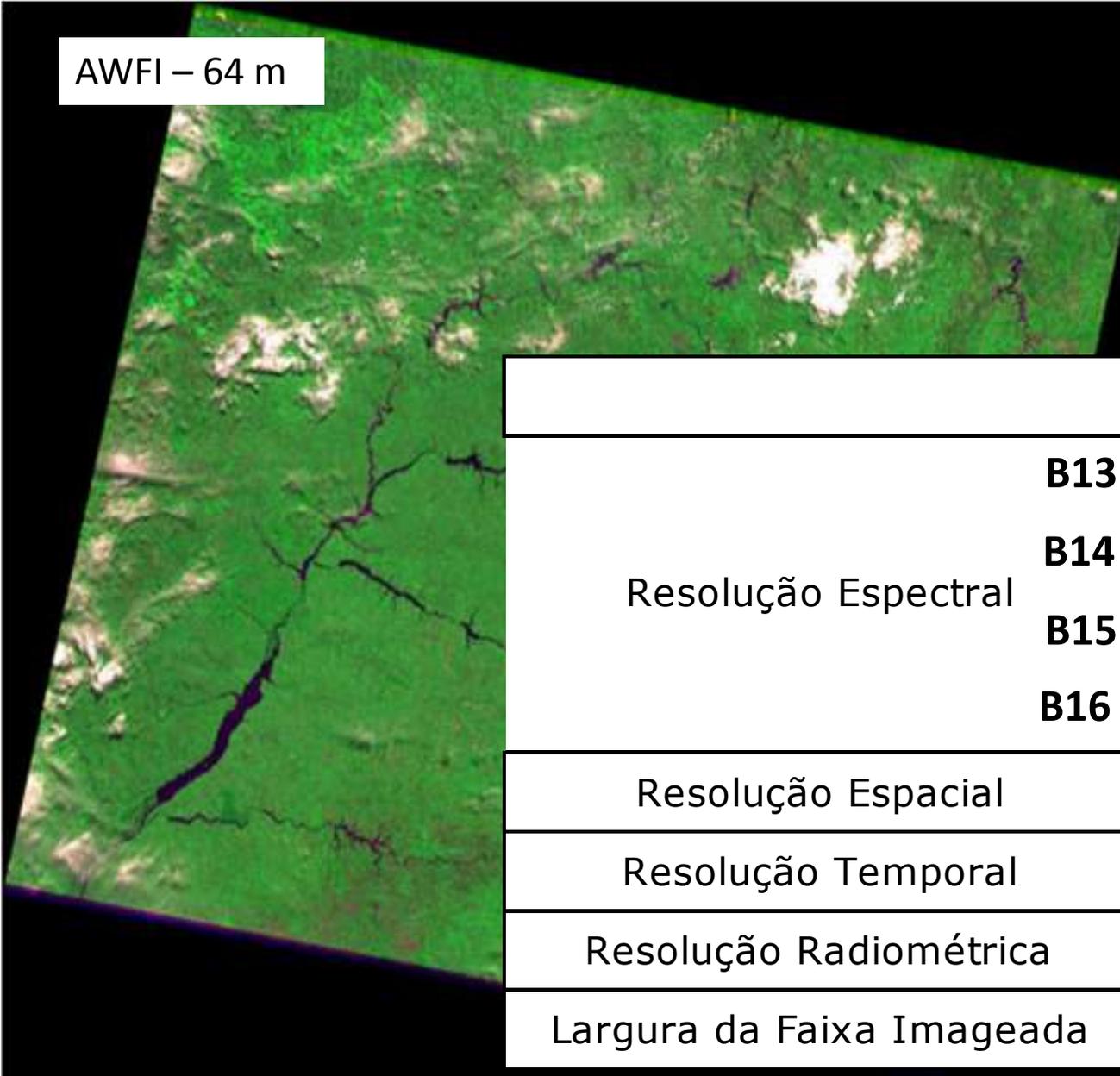


# CBERS - 4



		IRS
Resolução Espectral	<b>B9</b>	500-900nm (Pan)
	<b>B10</b>	1,55-1,75 $\mu$ m (SWIR)
	<b>B11</b>	2,08-2,35 $\mu$ m (SWIR)
	<b>B12</b>	10,40-12,50 $\mu$ m (TH)
Resolução Espacial	40 m / 80 m (TIR)	
Resolução Temporal	26 dias	
Resolução Radiométrica	8 bits	
Largura da Faixa Imageada	120 km	

AWFI – 64 m



		WFI
Resolução Espectral	<b>B13</b>	450-520 nm (B)
	<b>B14</b>	520-590nm (G)
	<b>B15</b>	630-690nm (R)
	<b>B16</b>	770-890nm (NIR)
Resolução Espacial		64 m
Resolução Temporal		5 dias
Resolução Radiométrica		10 bits
Largura da Faixa Imageada		866 km

# INCÊNDIO EM SINOP



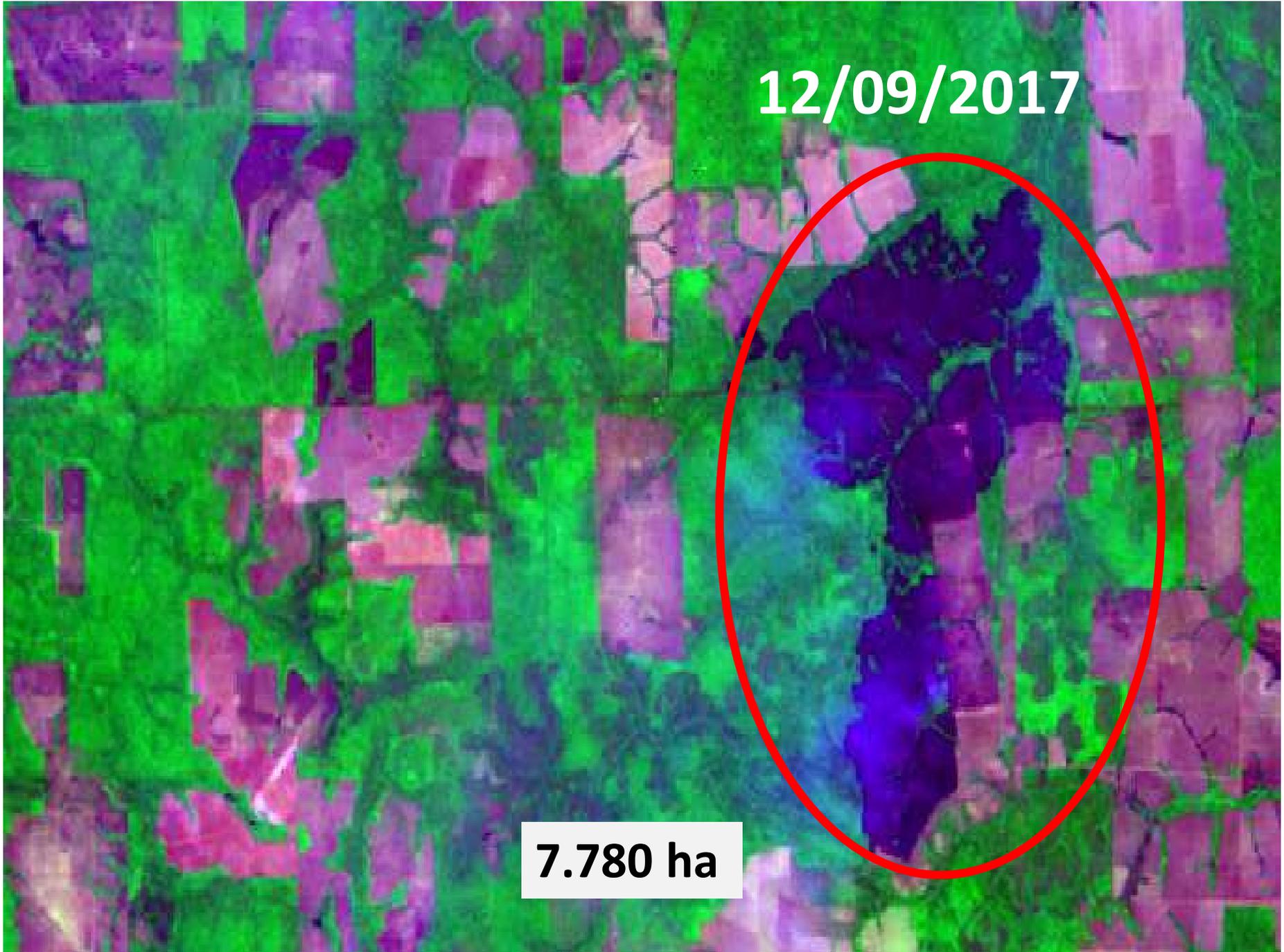
06/09/2017



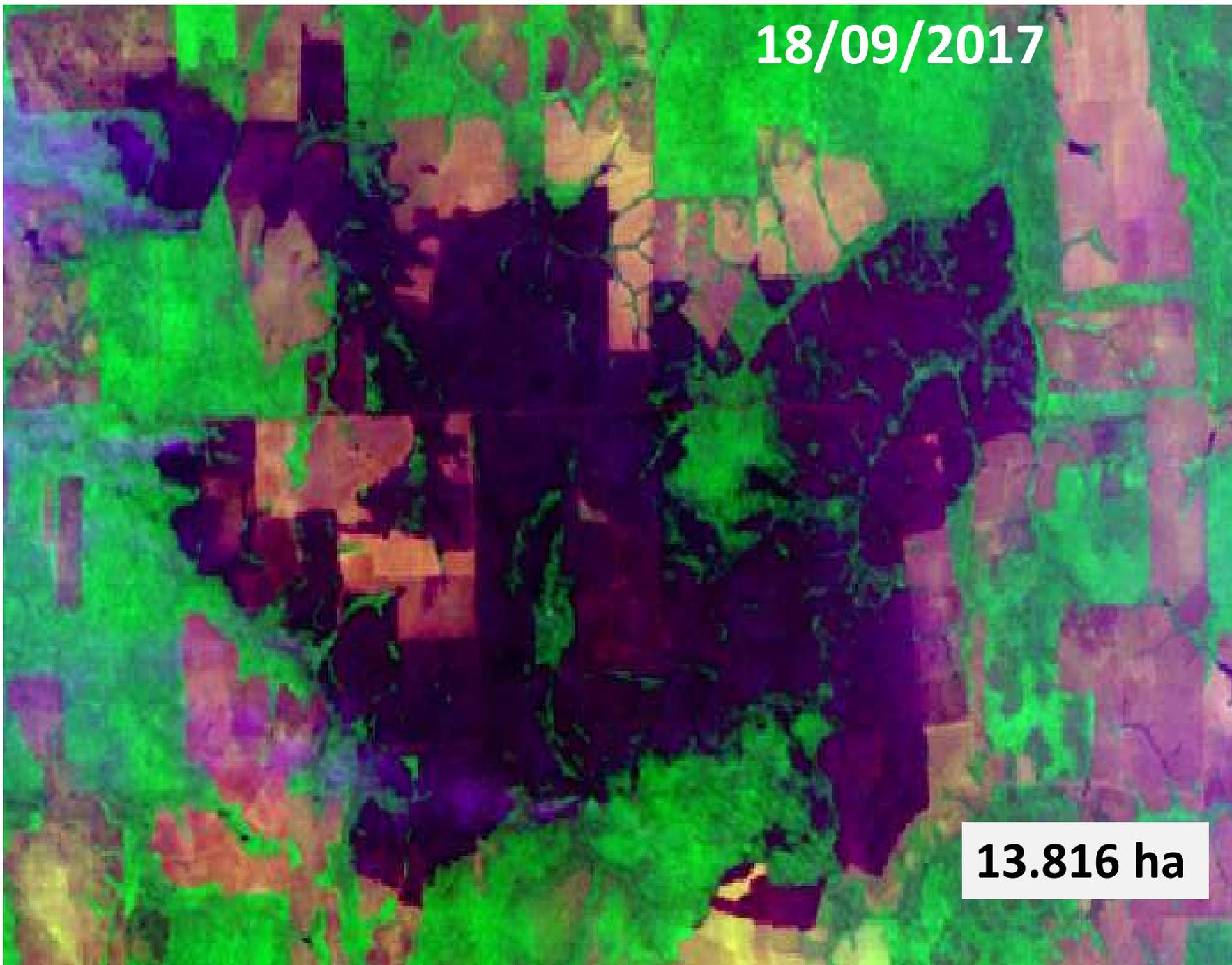
1.786 ha

12/09/2017

7.780 ha



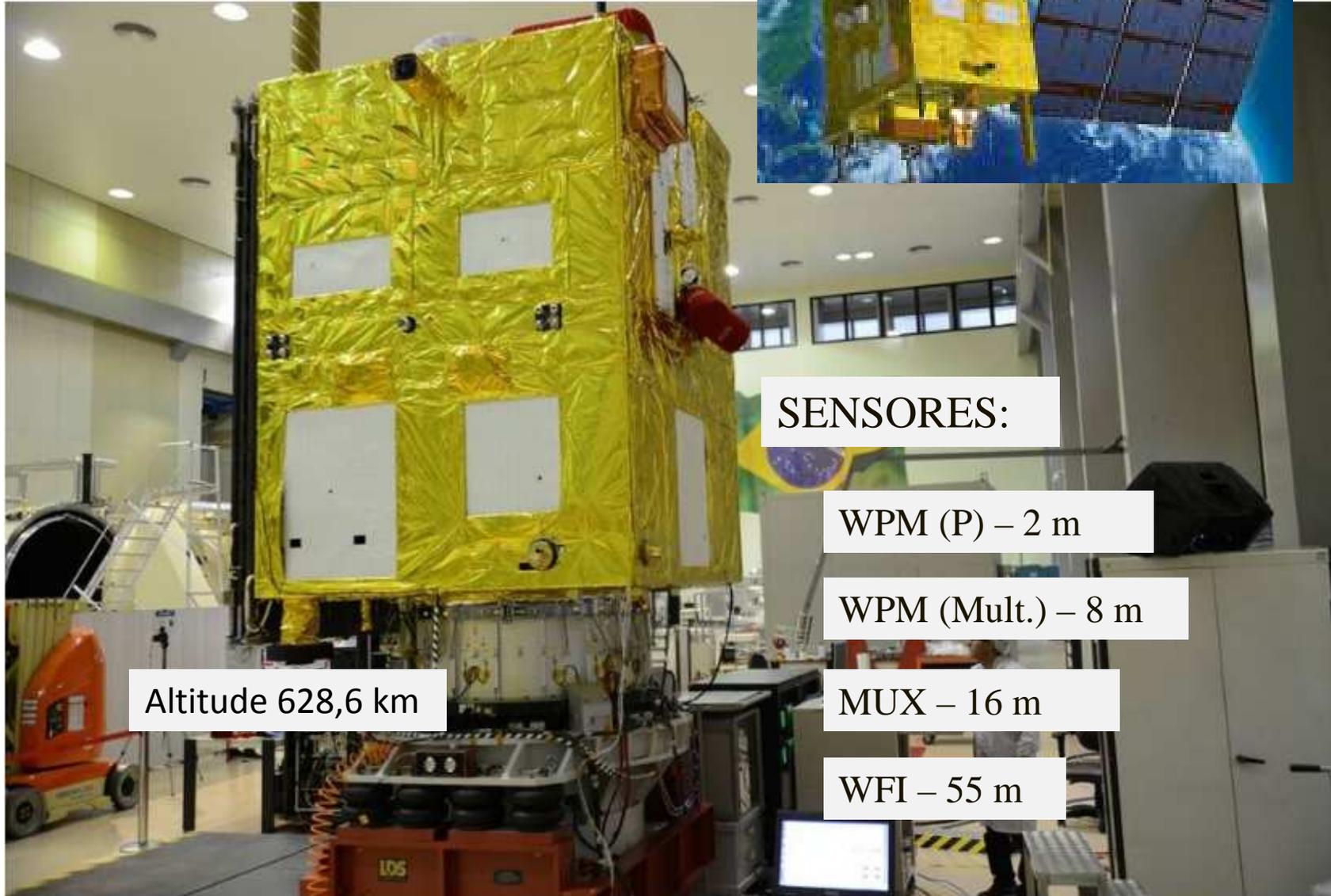
18/09/2017



13.816 ha

# CBERS – 04A

Lançamento: 20/12/2019



Altitude 628,6 km

## SENSORES:

WPM (P) – 2 m

WPM (Mult.) – 8 m

MUX – 16 m

WFI – 55 m

## **Obtendo imagem com a câmera MUX**

<https://www.youtube.com/watch?v=a8Yt4l3C1dU&feature=youtu.be>

## **Obtendo imagem com a câmera WFI**

<https://www.youtube.com/watch?v=D0yQbhYwplU&feature=youtu.be>

Imagem

*Imagem WPM - composta de cor verdadeiro de 2m  
pancromática banda / 8m multi-espectral fundiram. (Lhasa,  
província de Tibet)*

## Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM)

Característica	Dado
Bandas Espectrais	P : 0,45 - 0,90 $\mu\text{m}$ B1: 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ B2: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ B3: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ B4: 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$
Largura da Faixa Imageada	92 km
Resolução Espacial	- Resolução Temporal :5 dias - Resolução Radiométrica: 10 bit's
	(pancromática) (multiespectral)

## Câmera Multiespectral (MUX)

Característica	Dado
Bandas Espectrais	B05: 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ B06: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ B07: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ B08: 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$
Largura da Faixa Imageada	95 km
Resolução Espacial (Nadir)	16,5 m

- Resolução Temporal :31 dias
- Resolução Radiométrica: 8 bit's

*Imagem MUX - True-color composite, 16m resolução espacial, (cidades de Jardim e Guia Lopes da Laguna, MS).*

## Câmera de Campo Largo (WFI)

Característica	Dado
Bandas Espectrais	B13: 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ B14: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ B15: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ B16: 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$
Largura da Faixa Imageada	684 km
Resolução Espacial	55 m

- Resolução Temporal :5 dias
- Resolução Radiométrica: 10 bit's

***Imagem WFI - composta de cor verdadeiro de 55m resolução espacial,  
(Cuiabá, MT)***

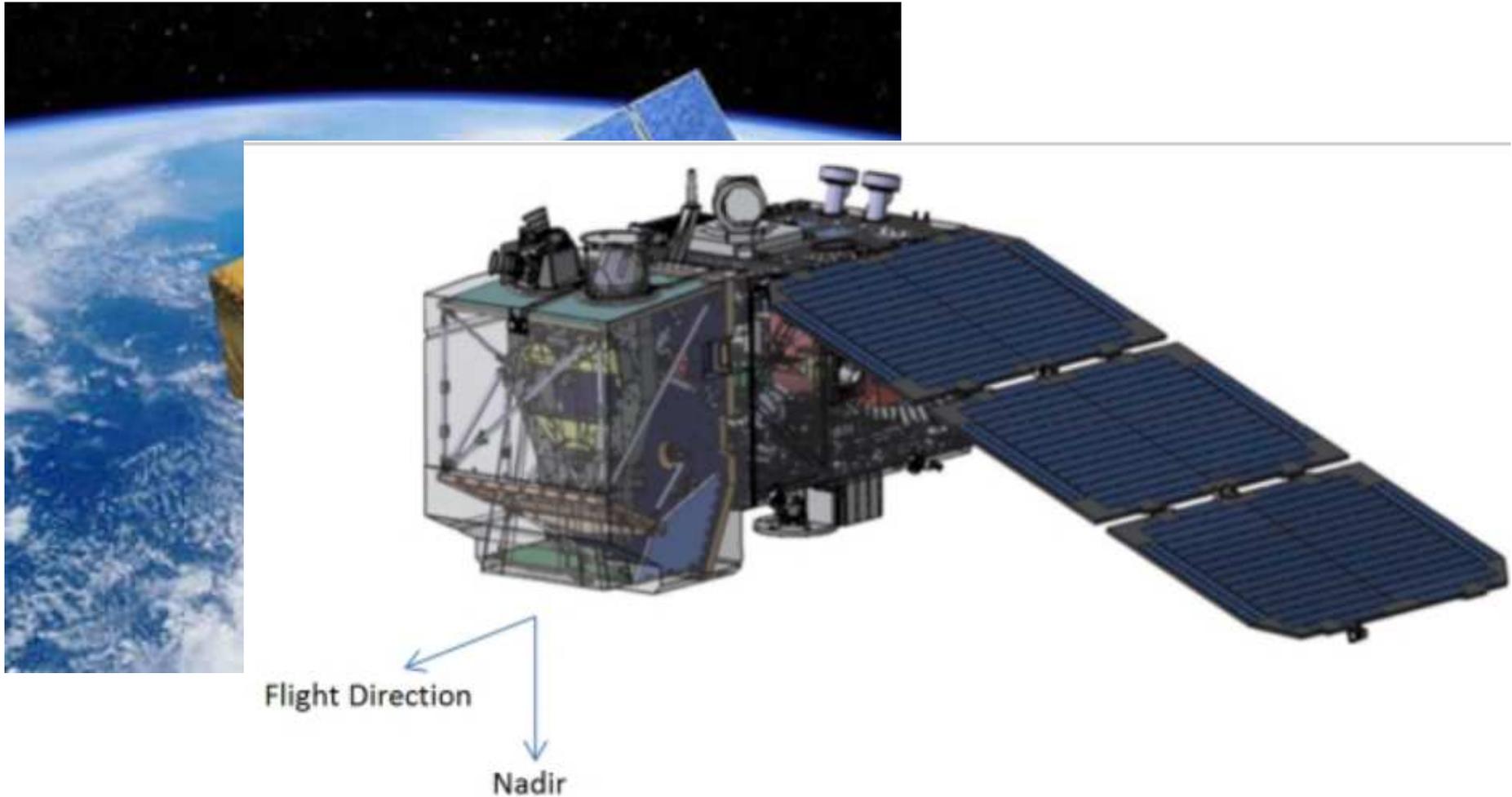
## Características das câmeras do CBERS 04A

Característica	WPM	MUX	WFI
Bandas Espectrais	<b>B1</b> 0,45-0,52 $\mu$ m (B) <b>B2</b> 0,52-0,59 $\mu$ m (G) <b>B3</b> 0,63-0,69 $\mu$ m (R) <b>B4</b> 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR) <b>P</b> 0,45-0,90 $\mu$ m (PAN)	<b>B5</b> 0,45-0,52 $\mu$ m (B) <b>B6</b> 0,52-0,59 $\mu$ m (G) <b>B7</b> 0,63-0,69 $\mu$ m (R) <b>B8</b> 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR)	<b>B13</b> 0,45-0,52 $\mu$ m (B) <b>B14</b> 0,52-0,59 $\mu$ m (G) <b>B15</b> 0,63-0,69 $\mu$ m (R) <b>B16</b> 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR)
Resolução	2 m 8 m	16,5 m	55 m
Largura da Faixa Imageada	92 km	95 km	684 km
Visada Lateral de Espelho	não	não	não
Revisita	(52 dias) 31 dias	31 dias (26 dias)	5 dias
Quantização	10 bits	8 bits	10 bits

**CBERS 4 X CBERS 4A**

## Sentinel 2 (A e B)

### Programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security)



Lançamento: Sentinel 2A – 23/06/2015

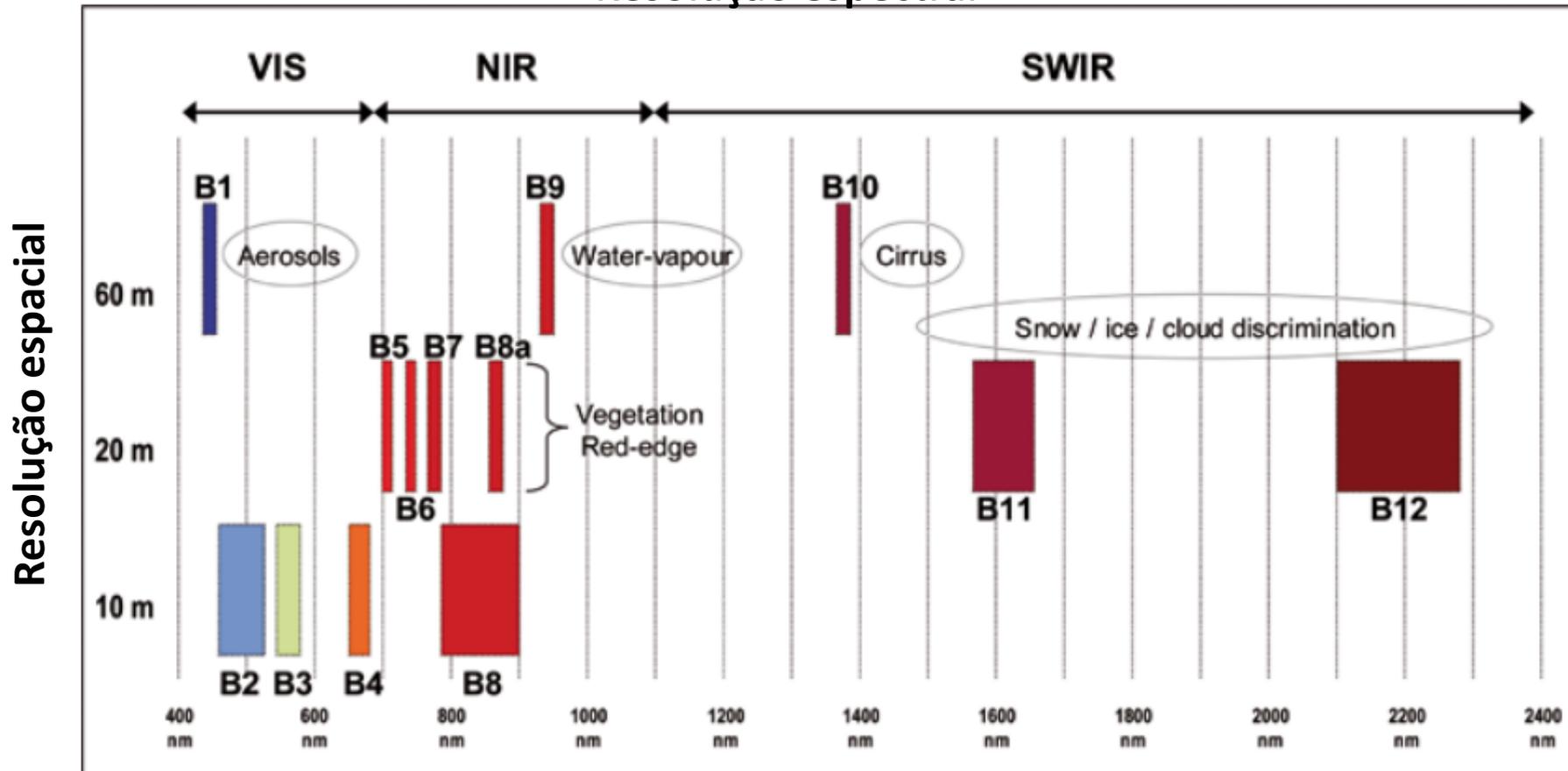
Lançamento: Sentinel 2B – 07/03/2017

Altitude 786 km

**Tabela 1: Comprimentos de onda e larguras de banda das três resoluções espaciais dos instrumentos MSI**

Resolução espacial (m)	Número da banda	S2A		S2B	
		Comprimento de onda central (nm)	Largura de banda (nm)	Comprimento de onda central (nm)	Largura de banda (nm)
10	<b>Az.</b> 2	492,4	66.	492,1	66.
	<b>Ver.</b> 3	559,8	36.	559,0	36.
	<b>Verm.</b> 4	664,6	31	664,9	31
	<b>IVP</b> 8	832,8	106	832,9	106
Red Edge  20	1 5	704,1	15	703,8	16
	2 6	740,5	15	739,1	15
	3 7	782,8	20	779,7	20
	4 8a	864,7	21	864,0	22
	<b>IVM</b> 11	1613,7	91	1610,4	94
	<b>IVM</b> 12	2202,4	175	2185,7	185
60	<b>Aerossol</b> 1	442,7	21	442,2	21
	<b>W. V.</b> 9	945,1	20	943,2	21
	<b>Cirrus</b> 10	1373,5	31	1376,9	30

## Resolução espectral

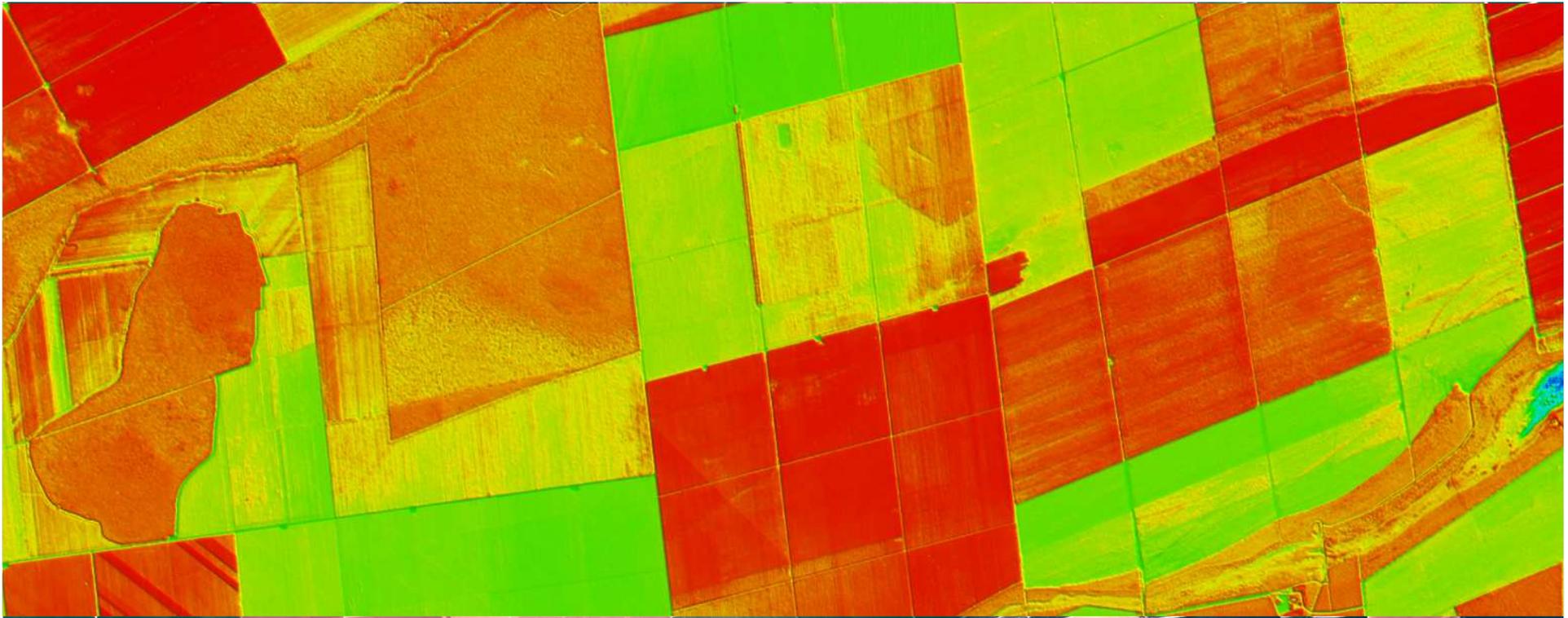


Largura da Faixa Imageada: 290 km (cada satélite)

Resolução Temporal: 10 dias com um satélite / 5 dias com os dois Satélites

Resolução Radiométrica: 12 bit's (4096 NC)

[https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/349490/S2\\_SP-1322\\_2.pdf](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/349490/S2_SP-1322_2.pdf)



**Cor Verdadeira RGB (04/03/02) - NDVI (Fonte EngeSat)**



# **Sistemas Sensores**

**Imagiadores passivos**

**SISTEMA IKONOS**

# SISTEMA IKONOS

11/05/05

Altitude : 680 km  
Inclinação : 98,1°  
Velocidade : 7km / s  
Tipo de Órbita : Sol-síncrona



# SISTEMA IKONOS

## **Histórico:**

O satélite IKONOS II foi lançado no dia 24 de setembro de 1999, e está operacional desde o início de janeiro de 2000. SPACE IMAGING detém os direitos de comercialização a nível mundial. Imagens com resolução espacial 1m, inicialmente para fins militares. Para aplicações civis foi liberado em 1994 pelo Governo Americano.

# SISTEMA IKONOS - SENSORES

**Resolução Espacial (PAN 1m /  
Multiespectral 4m)**

**Bandas espectrais**

PAN (0.45 - 0.90  $\mu\text{m}$ )

Azul (0.45 - 0.52  $\mu\text{m}$ )

Verde (0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$ )

Vermelho (0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ )

IVP (0.76 - 0.90  $\mu\text{m}$ )

**Faixas:** 13 km X 100 até 13 km x 1000  
(cenas de 13km x 13km)

Frequência de Revisita

2.9 dias no modo Pancromático

1.5 dia no modo Multiespectral

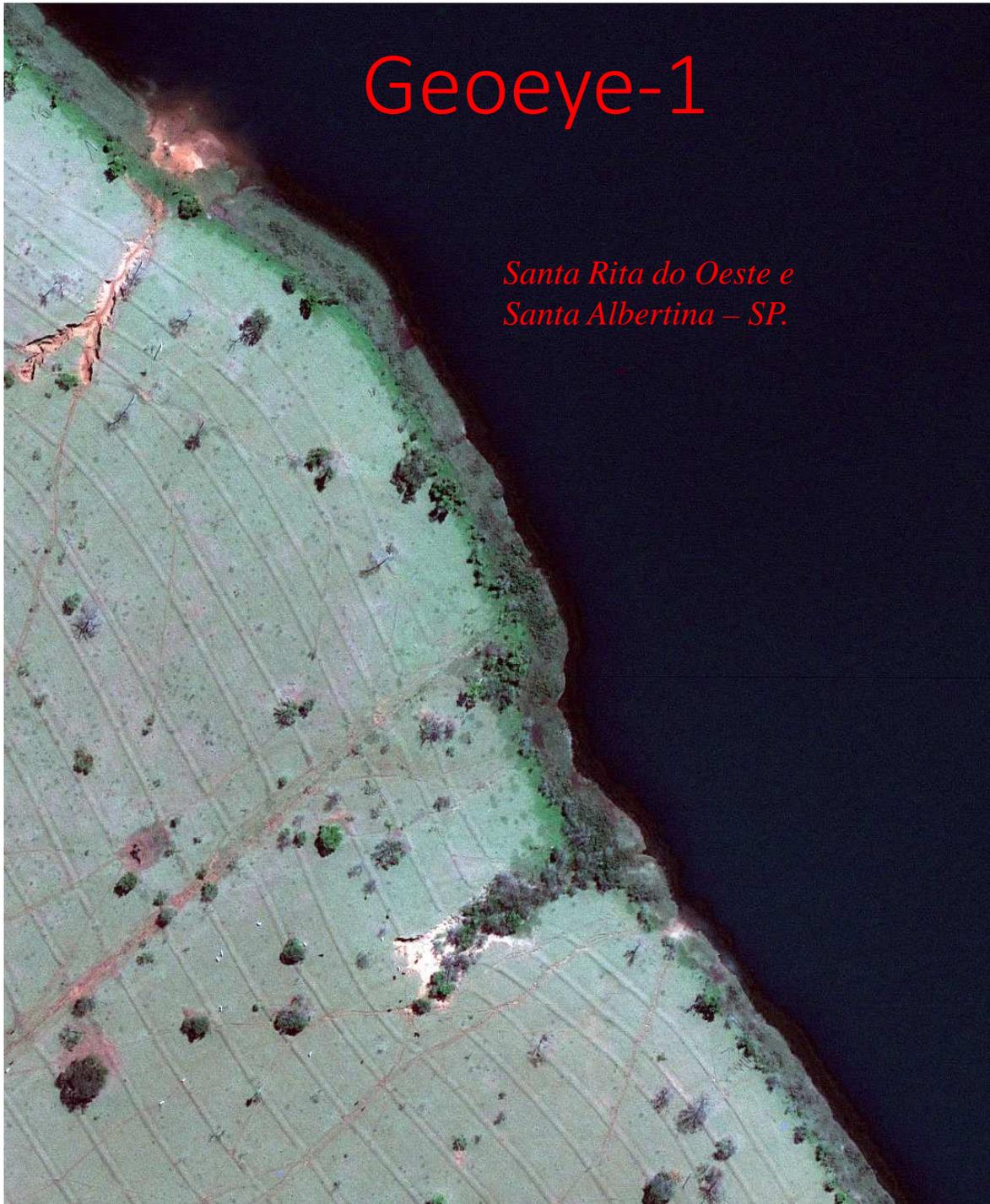
# **Sistemas Sensores**

**Imagiadores passivos**

**OUTROS SISTEMAS**

# Geoeye-1

*Santa Rita do Oeste e  
Santa Albertina – SP.*



*Resolução Espacial  
0.41m Pancromático  
1.64m Multispectral (colorido)*

*Resolução Espectral  
Azul:450-520 nm  
Verde:520-600 nm  
Vermelho:625-695 nm  
IVP:760-900 nm  
PAN 450 -900nm*

*Faixa imageada  
15.2 km  
Cena individual: 225 km<sup>2</sup>  
(15x15 km)*

*Resolução Radiométrica  
11 bits por pixel (2048 nc)*

*Capacidade de Revisita  
A cada 3 dias ou menos*

**Quickbird**

*Campinas - SP*



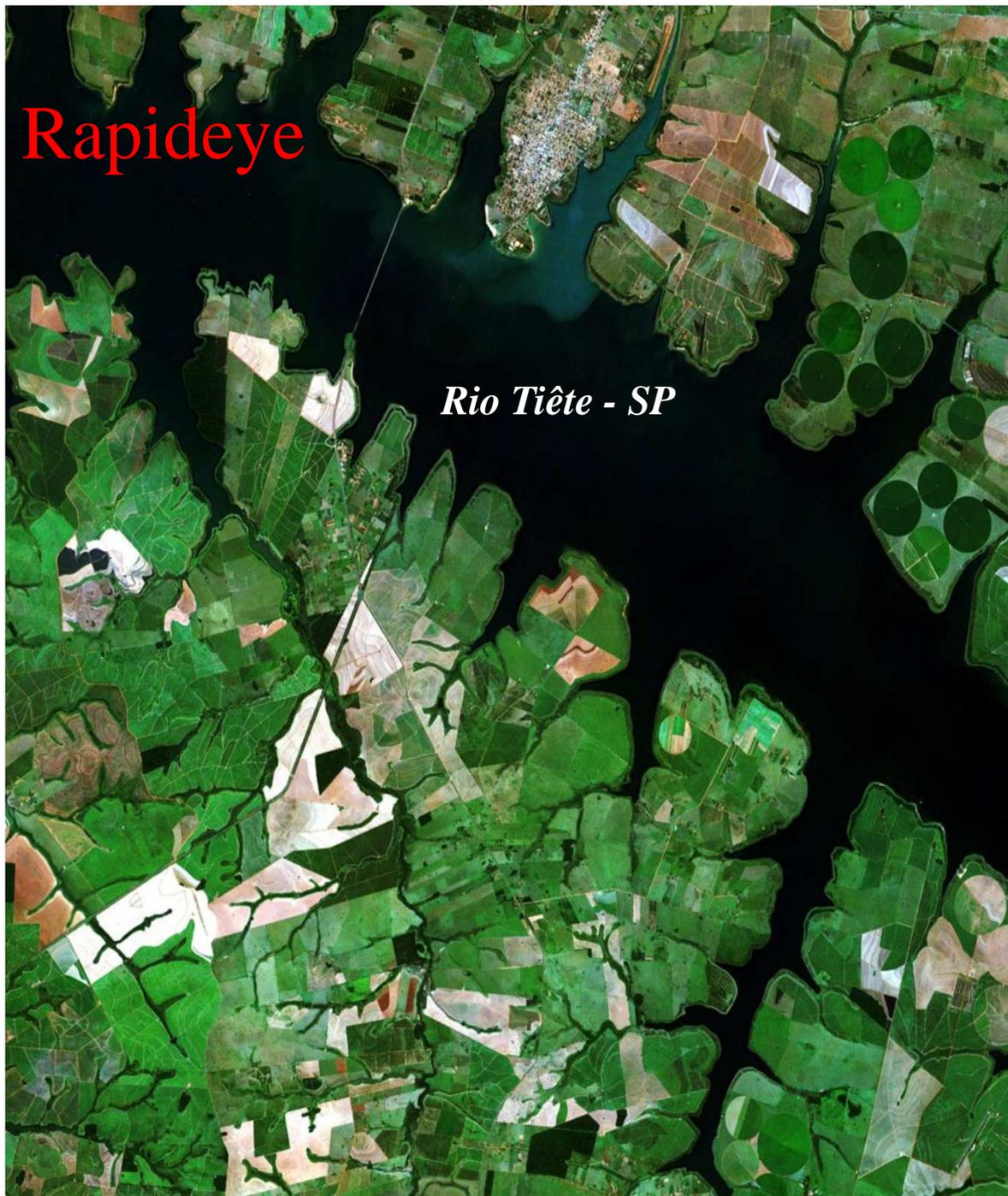
*Resolução Espacial*  
*0.60 cm Pancromático*  
*2.62 m Multispectral (colorido)*

*Resolução Espectral*  
*Azul: 430 - 545 nm*  
*Verde: 466 - 620 nm*  
*Vermelho: 590 - 710 nm*  
*IVP: 715 - 918 nm*  
*PAN: 405-1053nm*

*Faixa imageada*  
*16.5 km*  
*Imagens existentes: 25 km<sup>2</sup>*  
*Imagens programação: 90 km<sup>2</sup>*

*Resolução Radiométrica*  
*11 bits por pixel (2048 nc)*

*Capacidade de Revisita*  
*1,9 a 10 dias*



*Resolução Espacial*  
*6.5 m – 5 m*

*Resolução Espectral*

*Azul: 440 - 510 nm*

*Verde: 520 - 590 nm*

*Vermelho: 630 - 6985 nm*

*RedEdge\*: 690 - 730 nm*

*IVP: 760 - 850 nm*

*Faixa imageada*

*77 km*

*Resolução Radiométrica*

*12 bits por pixel (4096 nc)*

*Capacidade de Revisita*

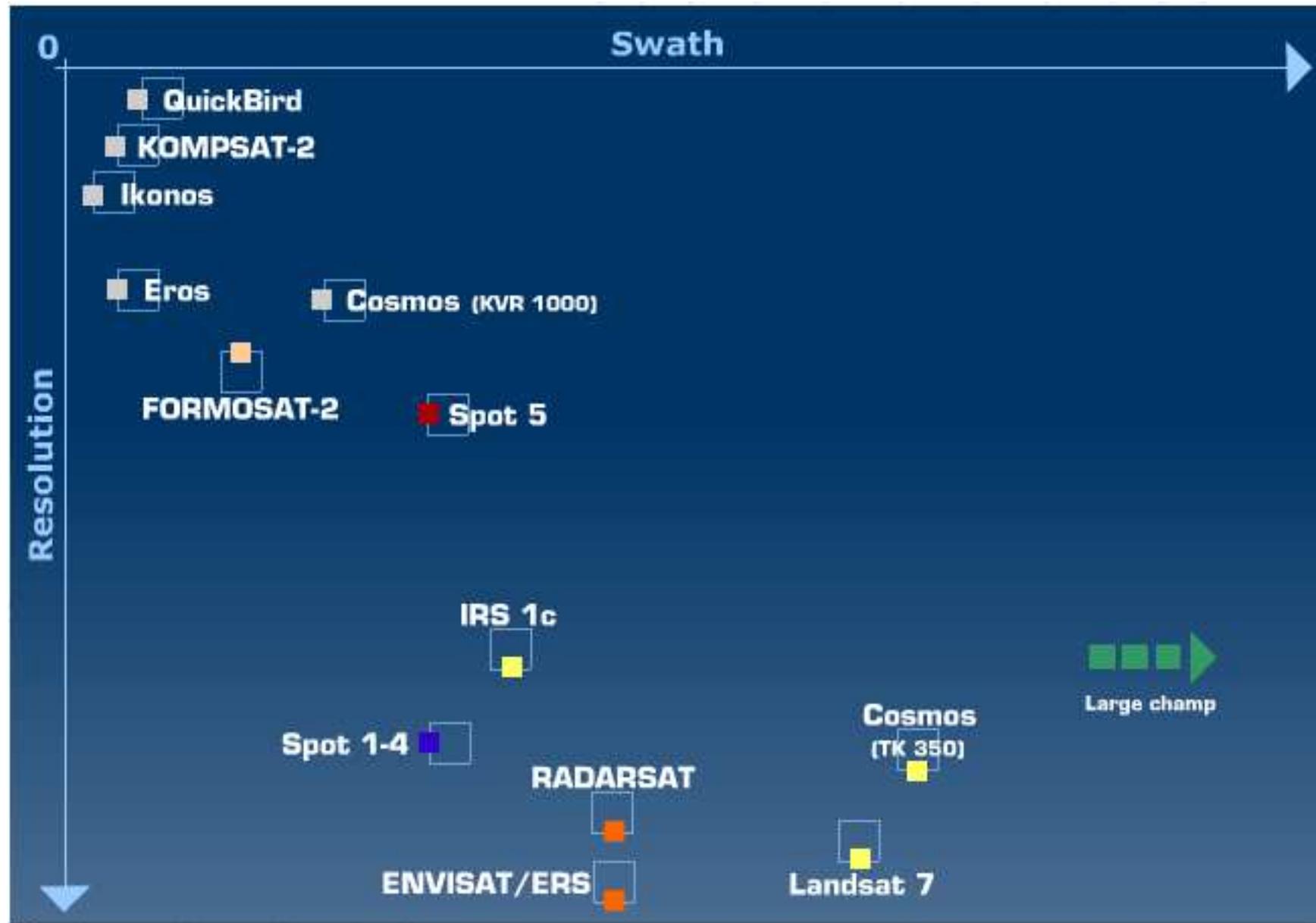
*5,5 dias (nadir)*

*Diariamente (Fora do nadir)*



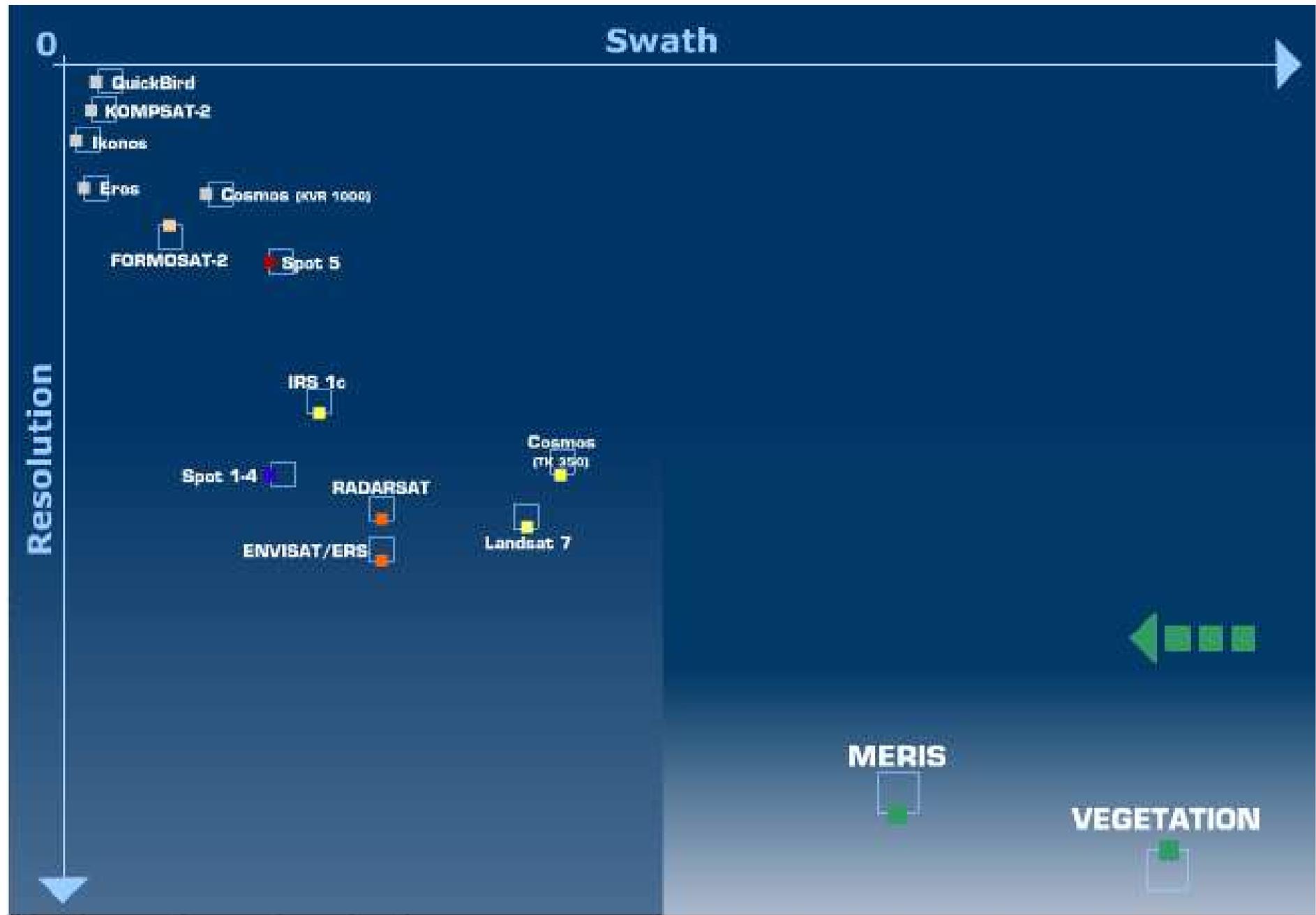
*Área de plantação de  
Palmeiras para Bio  
Combustível na Colômbia.  
A qualidade da imagem  
permite a contagem das  
árvores individualmente*

# SISTEMA SENSORES



<http://www.spotimage.fr/web/en/181-images-from-other-satellites.php>

# SISTEMA SENSORES



## Nano – Satélites - Planet

Os satélites artificiais podem ser catalogados ou agrupados segundo sua massa, como mostrado abaixo:

- Grandes satélites: cujo peso seja maior a 1000 kg;
- Satélites médios: cujo peso seja entre 500 e 1000 kg;
- Mini satélites: cujo peso seja entre 100 e 500 kg;
- Micro satélites: cujo peso seja entre 10 e 100 kg;
- Nano satélites: cujo peso seja entre 1 e 10 kg;
- Pico satélite: cujo peso seja entre 0,1 e 1 kg;
- Femto satélite: cujo peso seja menor a 100 g.





- Resolução Espacial : 3 m
- Resolução Espectral : VIS e IVP
- Resolução Radiométrica : 12 bit´s (4096 nc)
- Resolução Temporal: 150 satélites (Largura da Faixa 20 - 24 km) - Diária



**DRONES/VANT'S**



SALES  
REVENUE

**Sensors**  
**PROB**

# Principais sensores no mercado para agricultura:

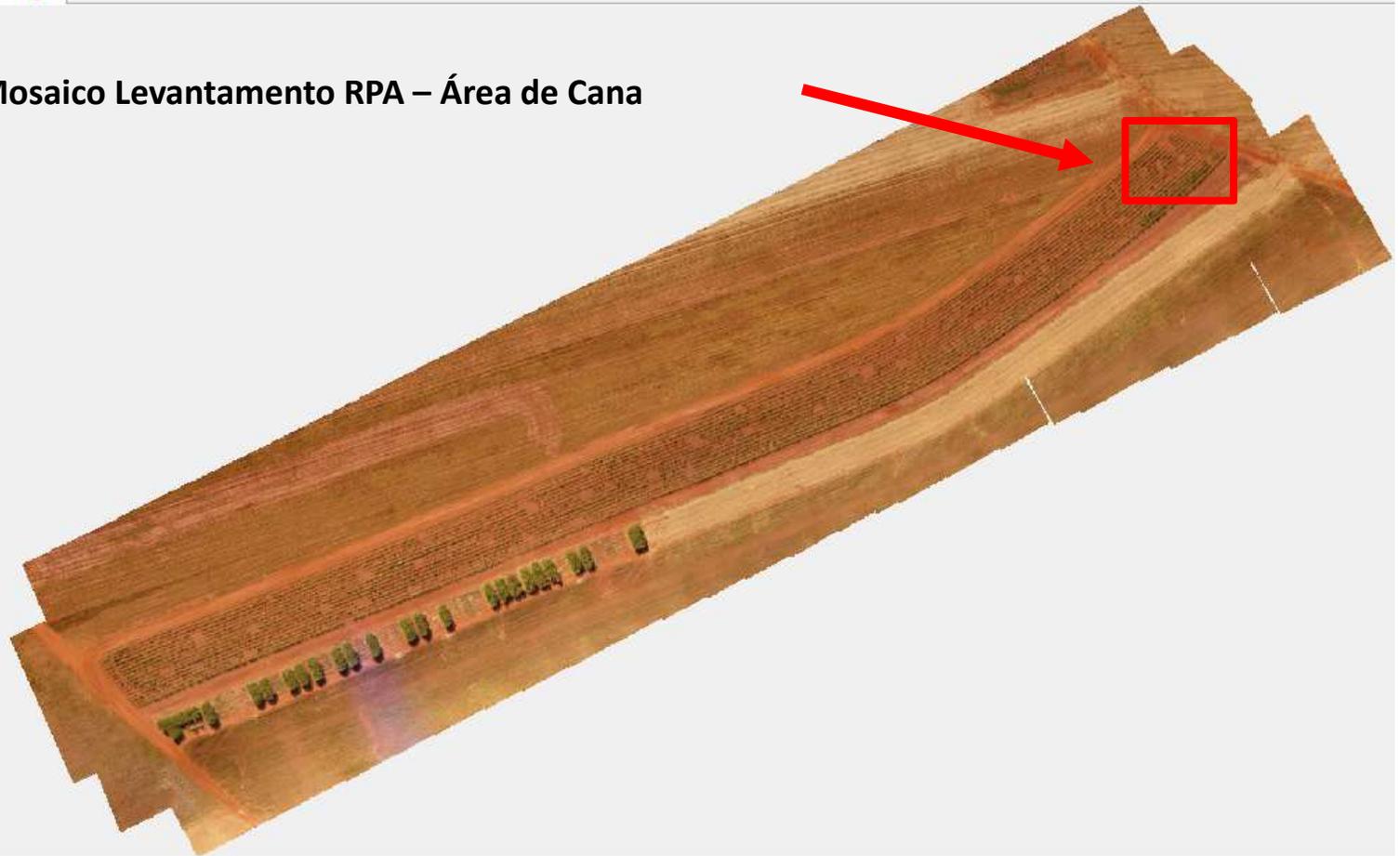
- Câmeras RGB

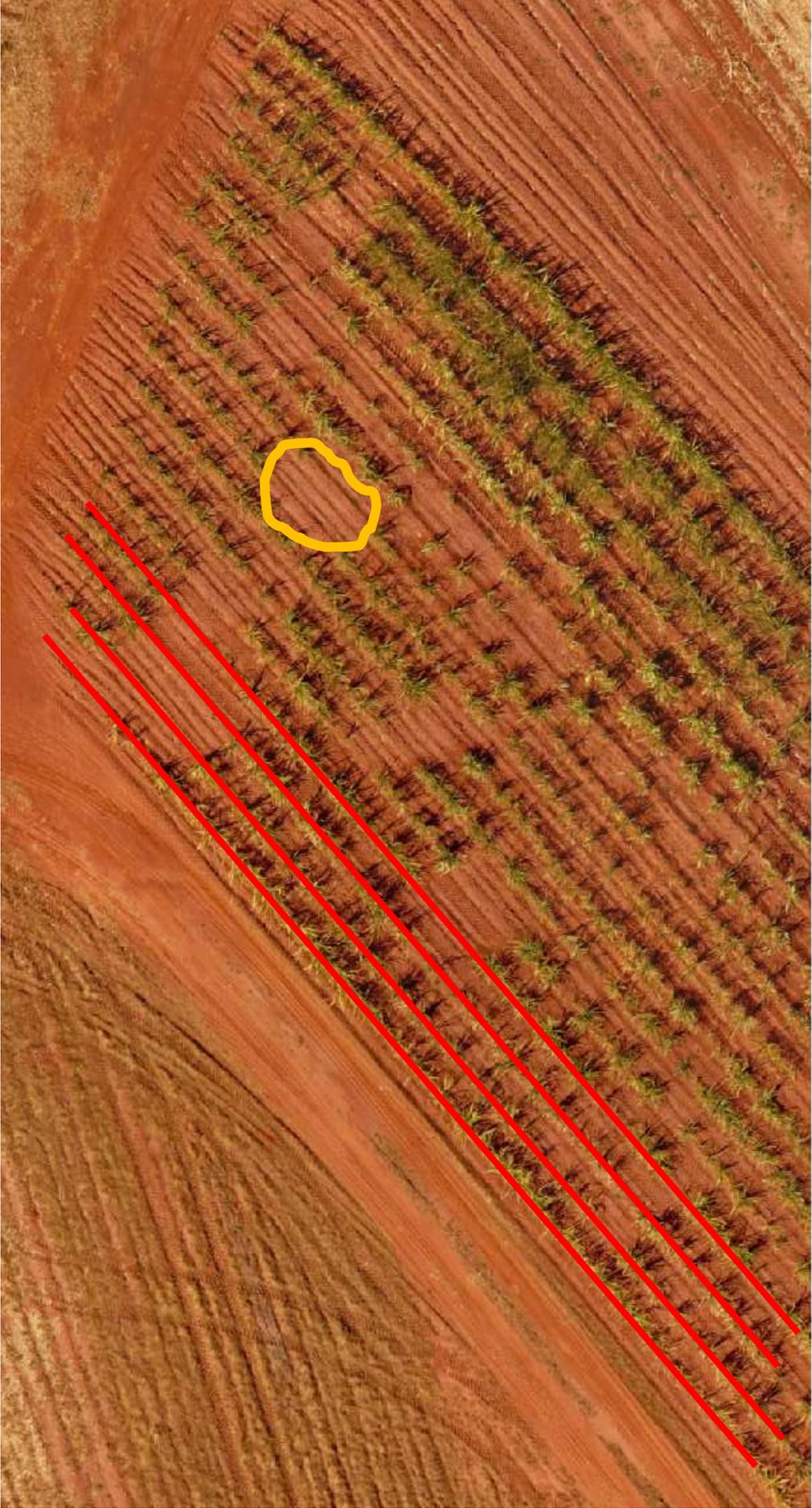




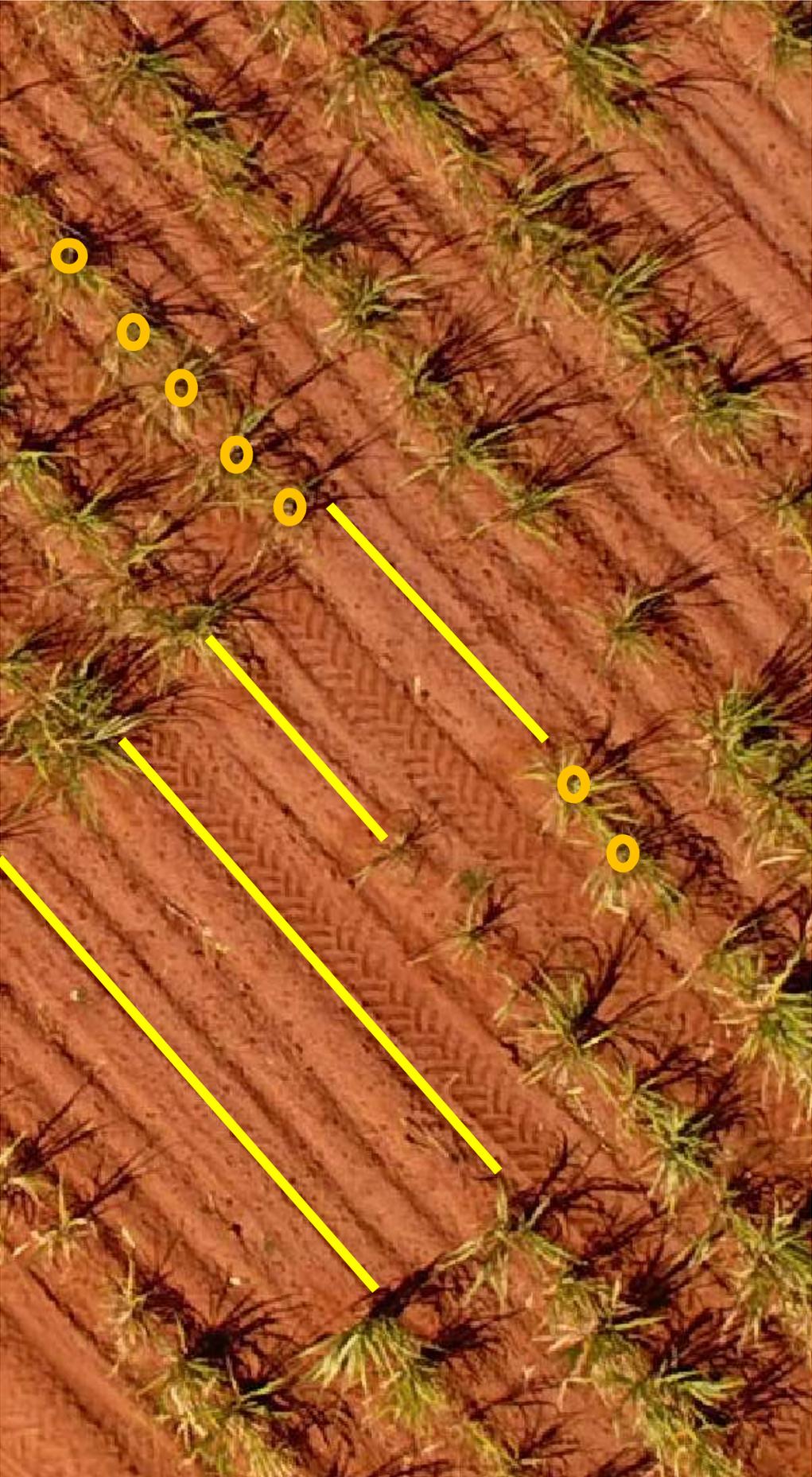
- Workspace (1 chunks, 132 cameras)
- Chunk 1 (132 cameras, 167,385 points)
  - Cameras (132/132 aligned)
  - Tie Points (167,385 points)
  - Dense Cloud (28,187,864 points)
  - DEM (12402x8337, 6.25 cm)
  - Orthomosaic (28099x17177)

### Mosaico Levantamento RPA – Área de Cana

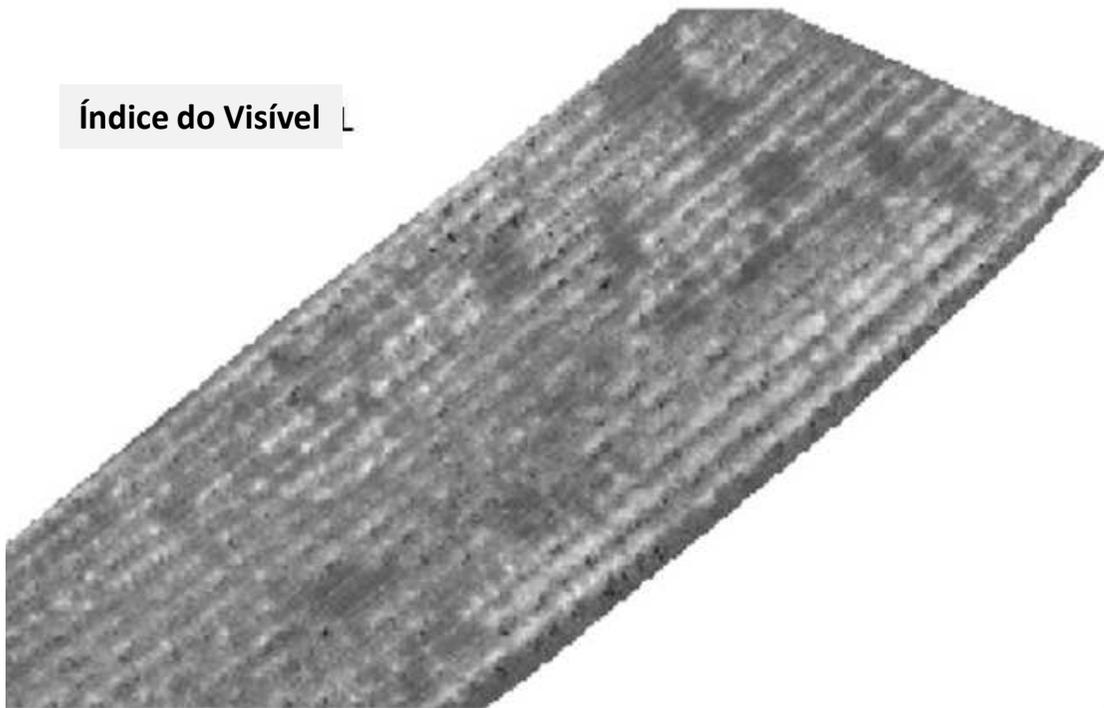




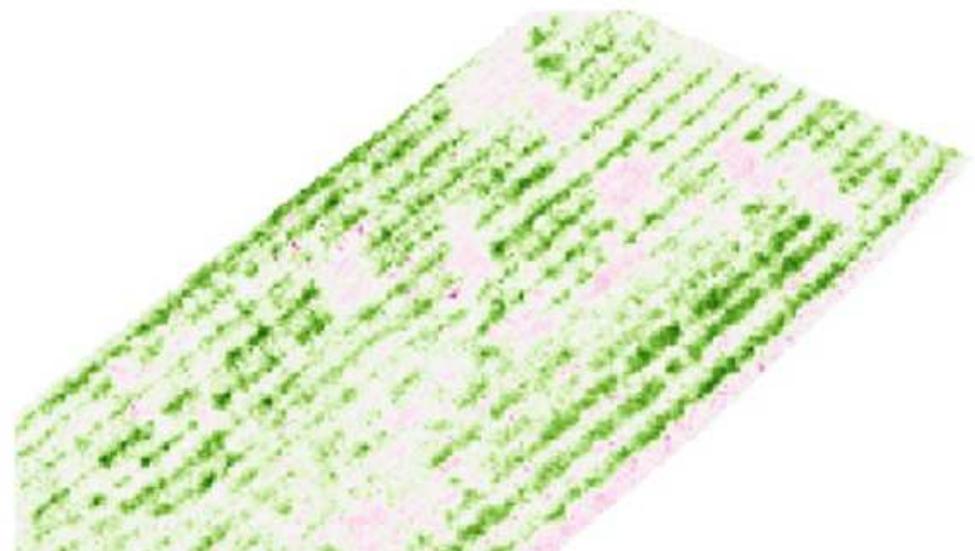
22°36'28.44" S 50°22'08.15" W 477.923 m



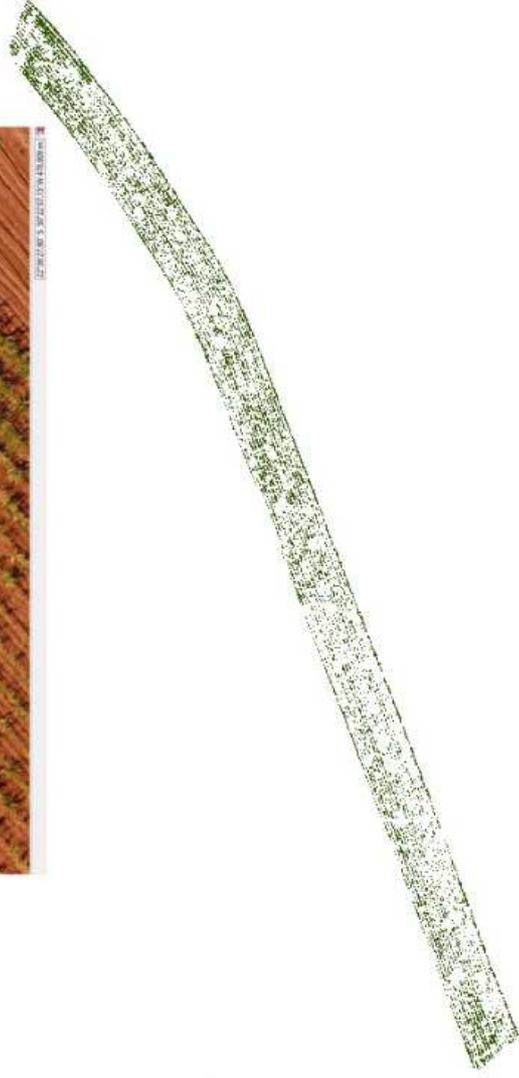
Índice do Visível L



RECLASSIFICAÇÃO DE CORES PARA  
RESSALTAR A VEGETAÇÃO



Verificação do acerto da classificação:  
vegetação – solo

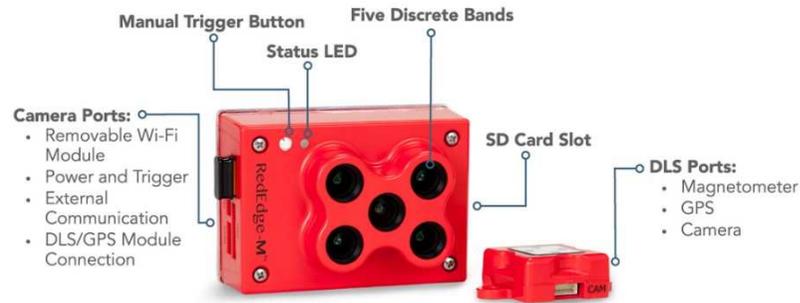


Mapeamento da área toda.

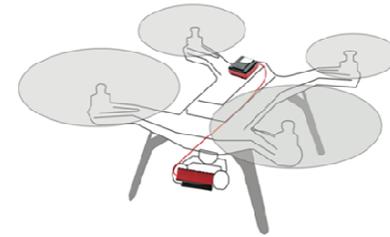
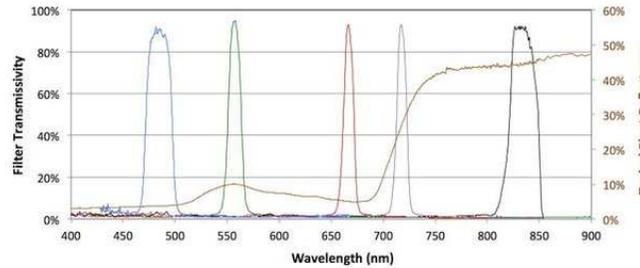
# Sensors Multiple Spectrals

# Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras



\$4.900



MicaSense

Topo Geo  
ESALQ - USP

RedEdge-MX<sup>™</sup>  
by MicroSensing



The industry standard professional

RedEdge-MX<sup>™</sup>  
by MicroSensing



The industry standard professional

ALTIUM<sup>™</sup>  
by MicroSensing



A revolutionary 3-in-1 solution for unparalleled

ALTIUM<sup>™</sup>  
by MicroSensing



A revolutionary 3-in-1 solution optimized for



Spectral Bands



### Carrinho de Compras

RGB Output

RedEdge-MX Sensor Kit  
Lead Time: Ships in 10-14 Business Days  
Integration Options: None/Other  
Qty: 1

Thermal

\$5,500.00

TOTAL

(Re)defining agricultural drone sensing



### Carrinho de Compras

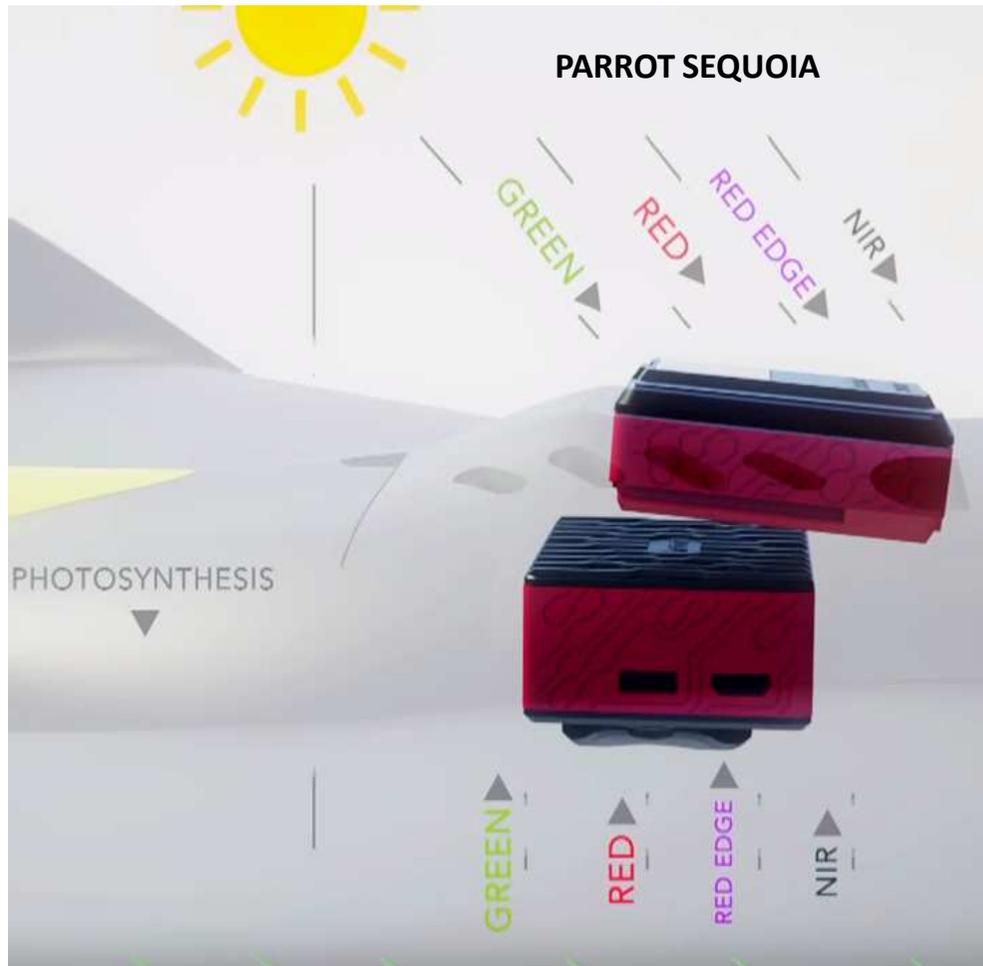
ALTIUM Sensor Kit  
Lead Time: Ships in 4-5 weeks  
Integration Options: None/Other  
Qty: 1

TOTAL

\$9,950.00

## Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Multiespectral



18% DESCONTO



**Sensor Multiespectral  
Parrot Sequoia - Bandas  
Red, Green, Red Edge,  
Near-Infrared e RGB**

~~R\$ 27.250,00~~ **R\$ 22.350,00**

# Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Multiespectral



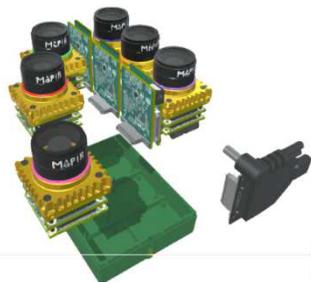
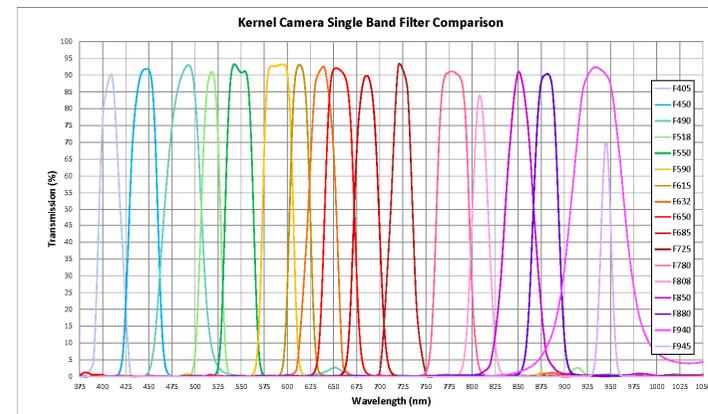
Survey3W Camera -  
Red+Green+NIR (RGN, NDVI)  
\$400.00 USD



Kernel - 14.4MP  
[Build Yours]  
\$1,299.00 USD



Kernel - 3.2MP  
[Build Yours]  
\$1,499.00 USD



# Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Multiespectral



Sentera Quad Sensor

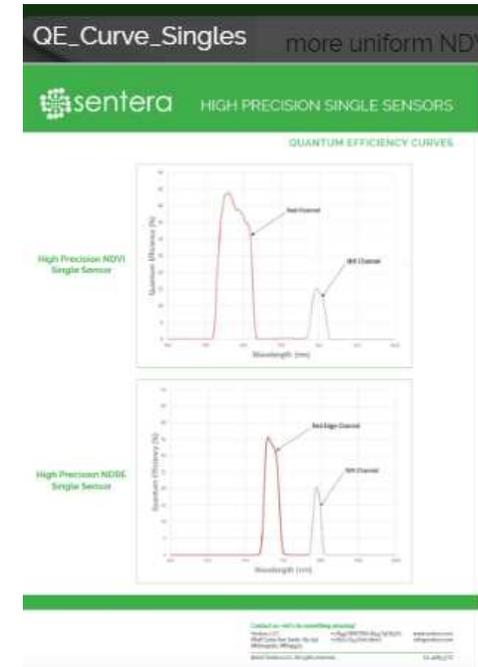
\$4.599-\$5.448

Specifications:

- 1x 1.2MP CMOS RGB
- 3X 1.2MP CMOS Mono
  - 655nm CWL x 40nm width
  - 725nm CWL x 25nm width
  - 800nm CWL x 25nm width



\$2.199 – 2.898



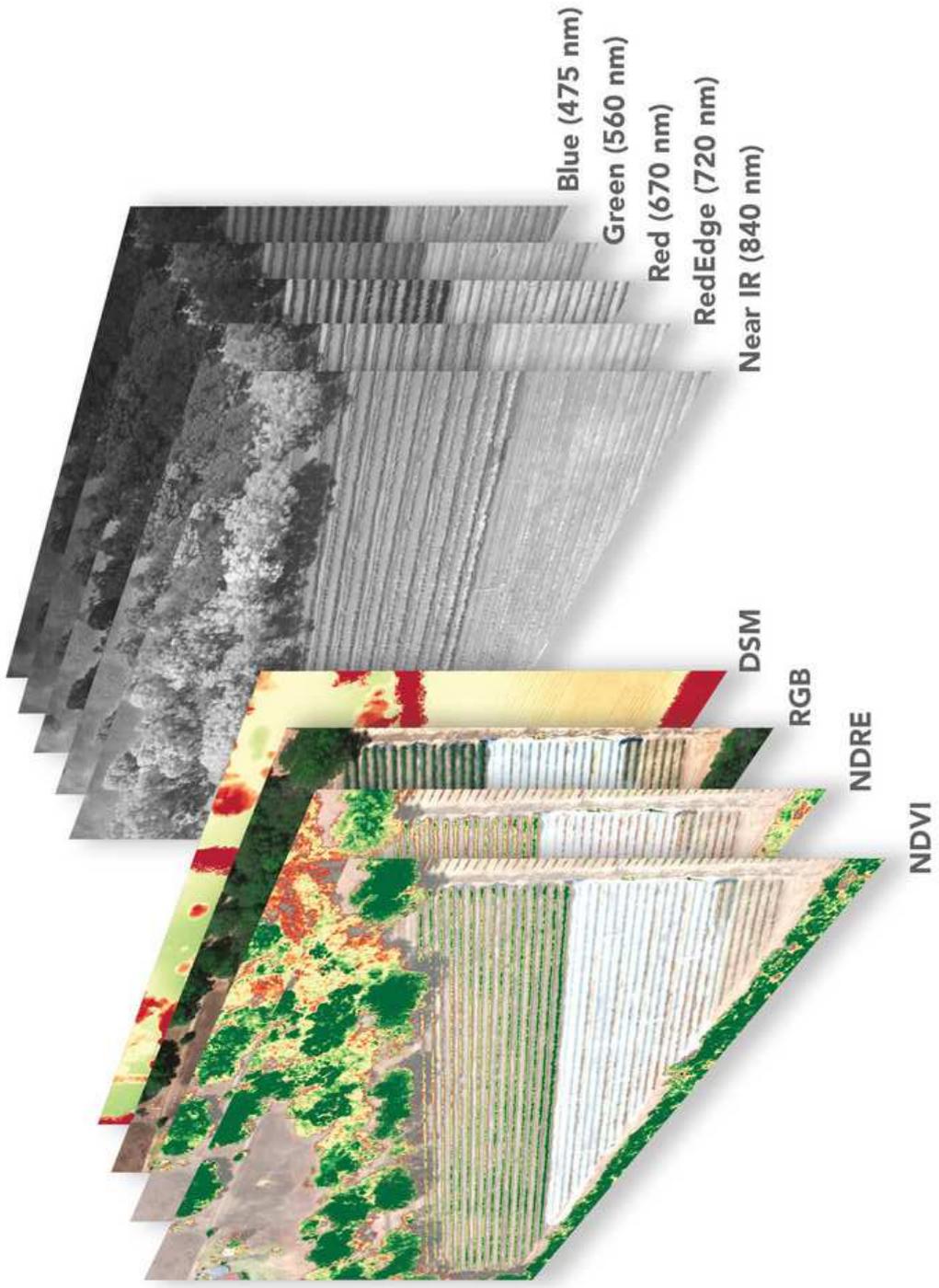


## Incident Light Sensor

**\$599**

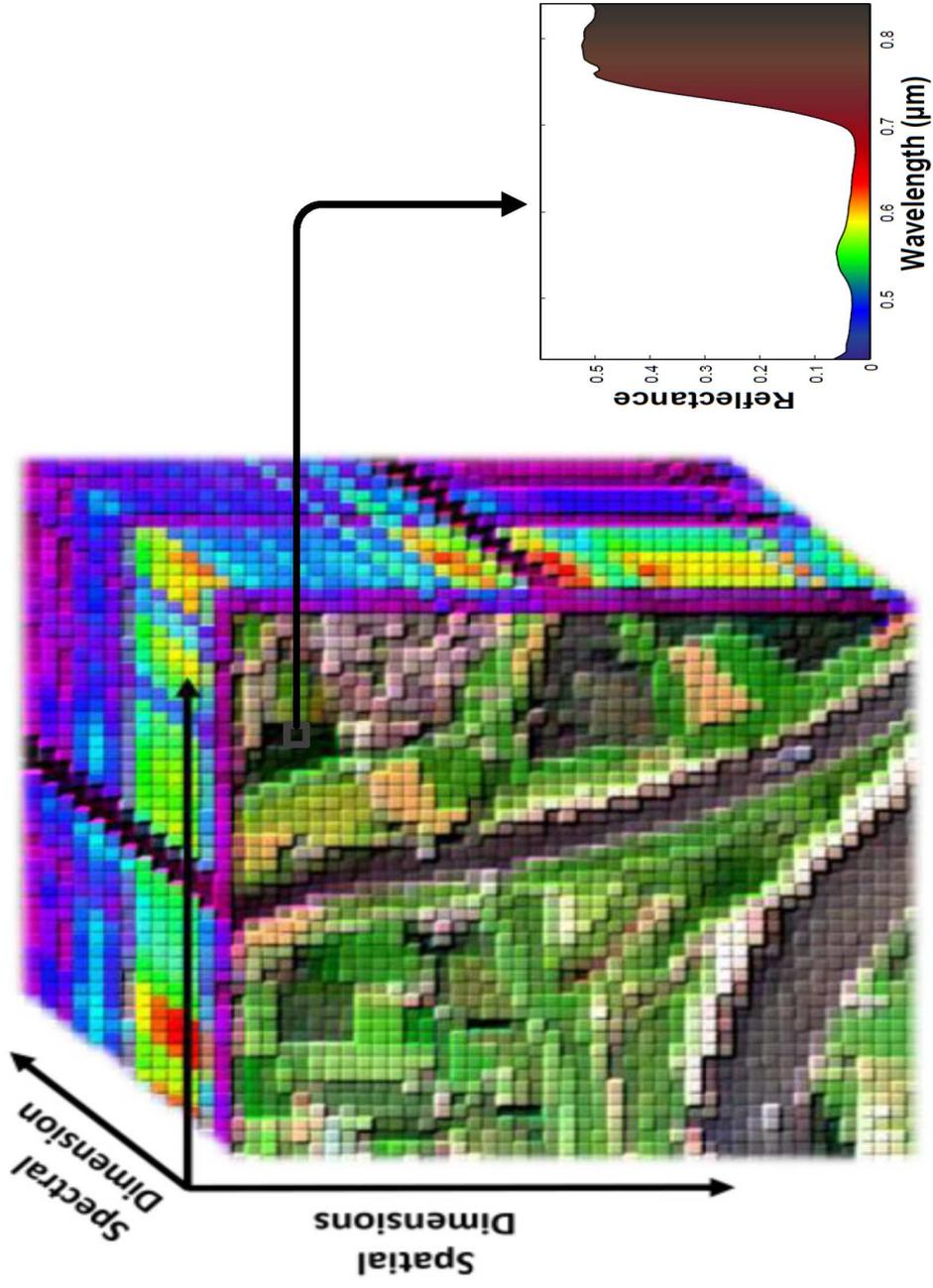
**Gather more precise plant health data with the Incident Light Sensor**

For several years, research customers have used the Sentera Incident Light Sensor (ILS) to measure the color spectrum of incident light from the sun. Now these capabilities have been seamlessly integrated into Sentera's sensors and **FieldAgent™** software, making it easy for agronomists, crop consultants, and growers to accurately compare images of the same area, captured over time and in different lighting conditions.

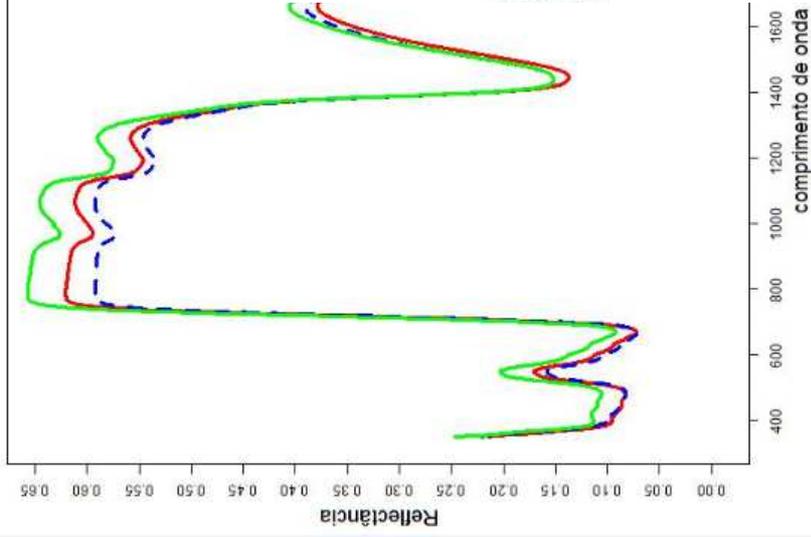


**SANSONES**

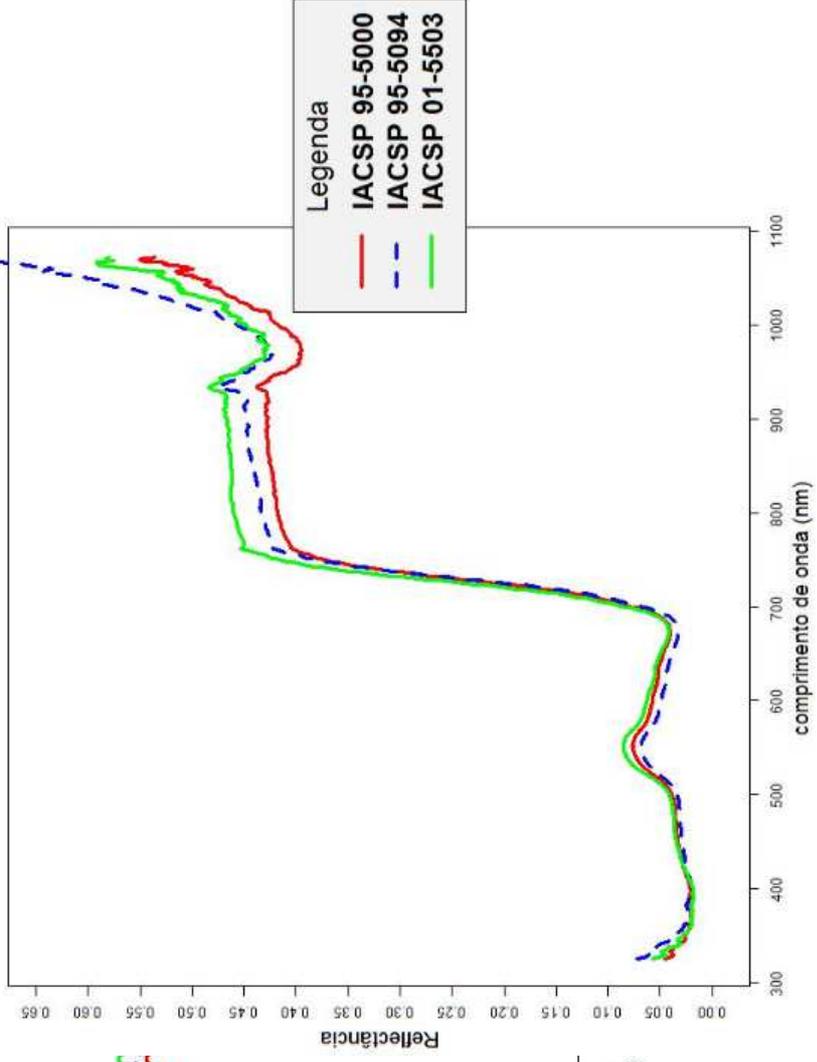
**AMPLIACIONES ESPECIALES**



**Curvas espectrais Médias das cultivares**



**Curvas espectrais Médias das cultivares**



# Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Hiperespectral

## Nano-Hyperspec®

- Spectral ra
- 270 spectr
- 640 spectr
- FWHM slii
- Max frame
- 480GB int
- Typical apj sensing
- [data sheet](#)

## Micro-Hyperspec®

- Spectral ranges:
  - VNIR (400-1000nm)
  - NIR (900-1700nm)
  - Extended VNIR (550-1700nm)
  - SWIR (900-2500nm)
- Typical applications: airborne, satellite, and ground remote sensing, advanced machine vision, lab
- [data sheet](#)



# Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Hiperespectral

**SMART CAMERA**

- > FILTER-ON-CHIP TECHNOLOGY
- > 25 SINGLE SPECTRAL CHANNELS

RTK-X8 Compatible

**SPECIAL FEATURES**

- Full frame hyperspectral imaging in the VIS-NIR
- No moving artifacts due to short integration time
- WiFi remote control of all parameters
- Real-time hyperspectral preview on the ground

**WAVELENGTH RANGE** ■■■■■

**SPECTRAL RESOLUTION** ■■■■■

**SPATIAL RESOLUTION** ■■■■■

**WEIGHT** ■■■■■

**PRICE** ■■■■■

**CALIBRATED LENSES**

- > HIGH QUALITY NIR-CORRECTED
- > AVAILABLE IN WIDE VARIETY

**SNAPSHOT MULTIPOINT SPECTROMETER**

- > 125 CHANNELS, 4 NM BANDWIDTH

# Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Hiperespectral

Spectral Range	900 – 1700 nm
Spectral Bands	224
Spectral FWHM	8 nm
Spatial Sampling	640 px
Frame Rate	670 FPS full frame 15 000 FPS with 4 bands selected
FOV	38°
F-number	F/1.7
Camera SNR (Peak)	1000:1
Camera Interface	GigE Vision or CameraLink
Dimensions	150 x 85 x 75 mm
Weight	1.56 kg
Integrated shutter	



**Sensors**  
**Intelligent**  
**Terminals**

# Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Termiais

FLIR sUAS thermal imaging products:



### FLIR Duo Pro R

Featuring thermal and a high-definition 4K color video camera in a single integrated package, Duo Pro R gives professional operators the ability to capture actionable thermal and visible data in a single flight.

[EXPLORE ▶](#)



### FLIR Duo & Duo R

Take thermal to new heights with the FLIR Duo: a compact, lightweight, dual-sensor thermal and visible light imager designed for drones.

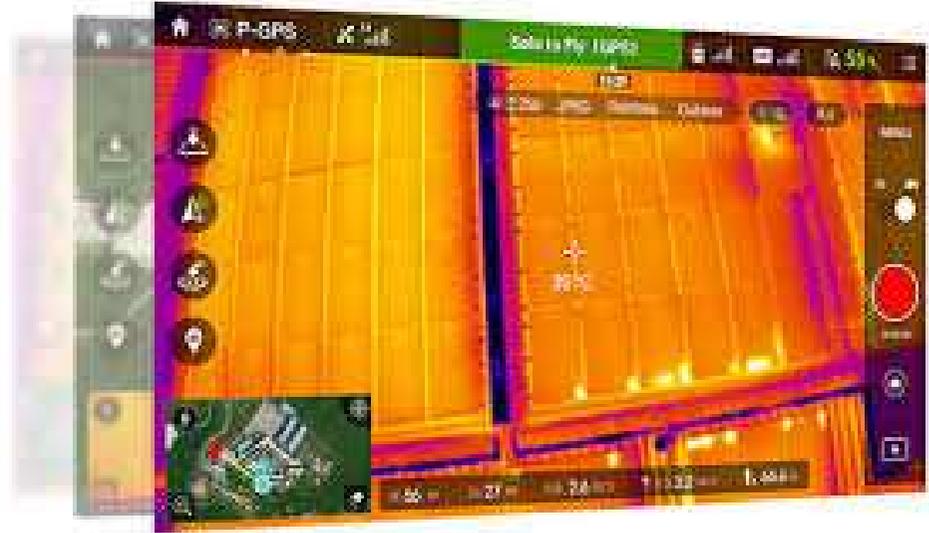
[EXPLORE ▶](#)



### FLIR Vue Pro

The Vue™ Pro combines Vue's powerful, affordable thermal imaging with on-camera recording and flight controller integration to create a turnkey thermal camera and data collection device in an affordable package.

[EXPLORE ▶](#)



### FLIR Vue Pro R

The new Vue™ Pro R is more than a thermal imager – it captures accurate, non-contact temperature measurements from an aerial perspective and saves images with calibrated temperature data embedded in every pixel.

[EXPLORE ▶](#)



### FLIR Aerial Thermal Imaging Kits

Now you can get everything you need to get a thermal imaging drone up and running in one easy package. Combining the Inspire 1, Zenmuse XT, and a variety of accessories, these packages have configurations for every application from fire fighting to building inspection.

[EXPLORE ▶](#)



### DJI Zenmuse XT

The Zenmuse XT is the premium aerial thermal imaging system developed between partnering industry leaders FLIR and DJI. The Zenmuse XT is compatible with the DJI Inspire 1, and Matrice 10 200, and 600 series.

[EXPLORE ▶](#)

## Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Termiais



<https://www.parrot.com/us/drones/anafi-thermal>

**SPONSORS**

**PRIZES**

**O LIDAR (*Light Detection and Ranging*) é um sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não tripuladas) e um método direto de captura de dados, o mesmo possui sua própria fonte de energia, neste caso, uma fonte de luz, o laser. O LIDAR emite feixes de laser na banda do infravermelho próximo (IV) e é capaz de modelar a superfície do terreno tridimensionalmente.**

**O LIDAR permite gerar produtos como o Modelo Digital de Terreno e o Modelo Digital de Superfície que representam o terreno (sem nenhuma cobertura) e a superfície (edifícios, árvores, etc.), respectivamente.**

# Principais sensores no mercado para agricultura:

- LiDAR



NEW



ULTRA PUCK

A groundbreaking LiDAR sensor combining best-in-class performance with a small form factor



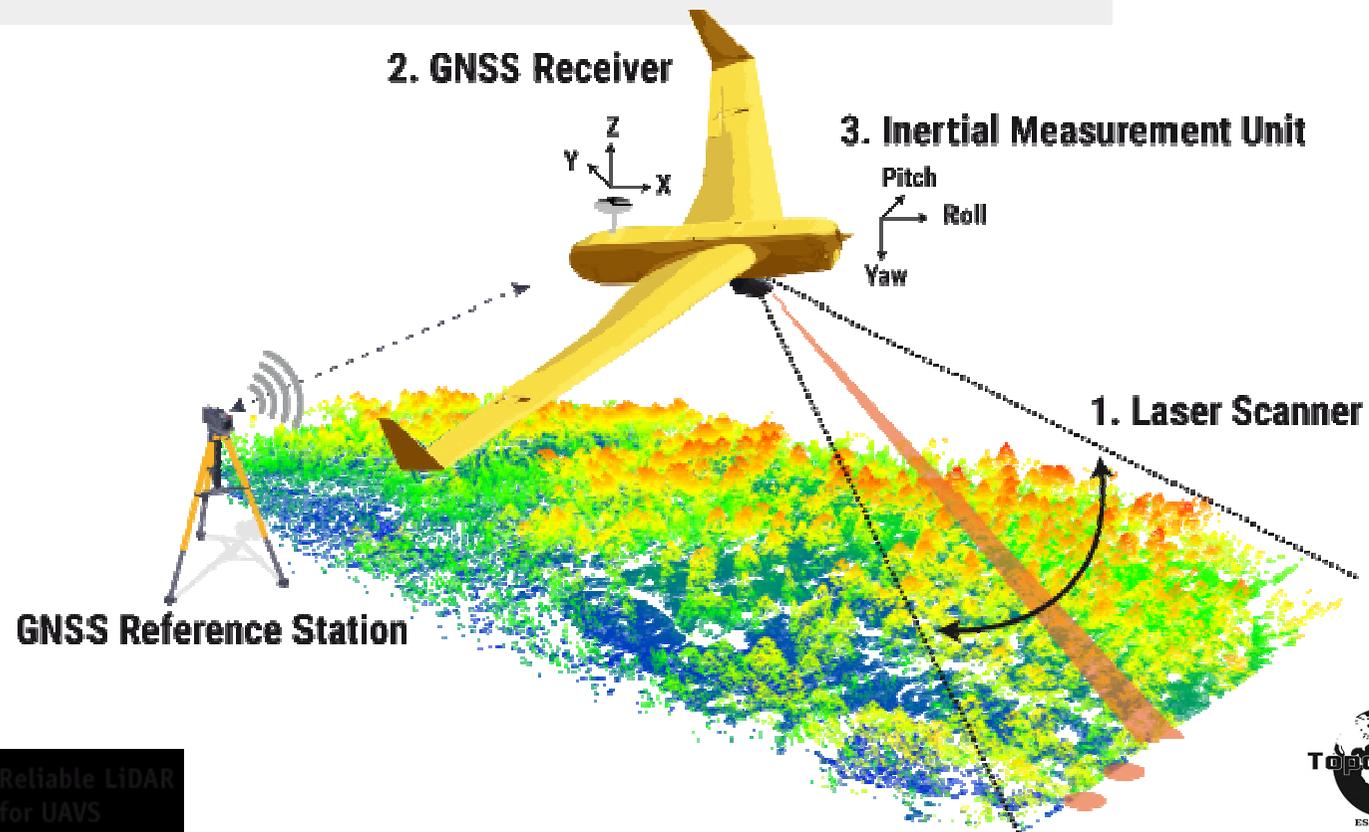
PUCK™

Our most compact, cost-effective sensor, packed with key features from Velodyne's LiDAR breakthroughs

Velodyne LiDAR®

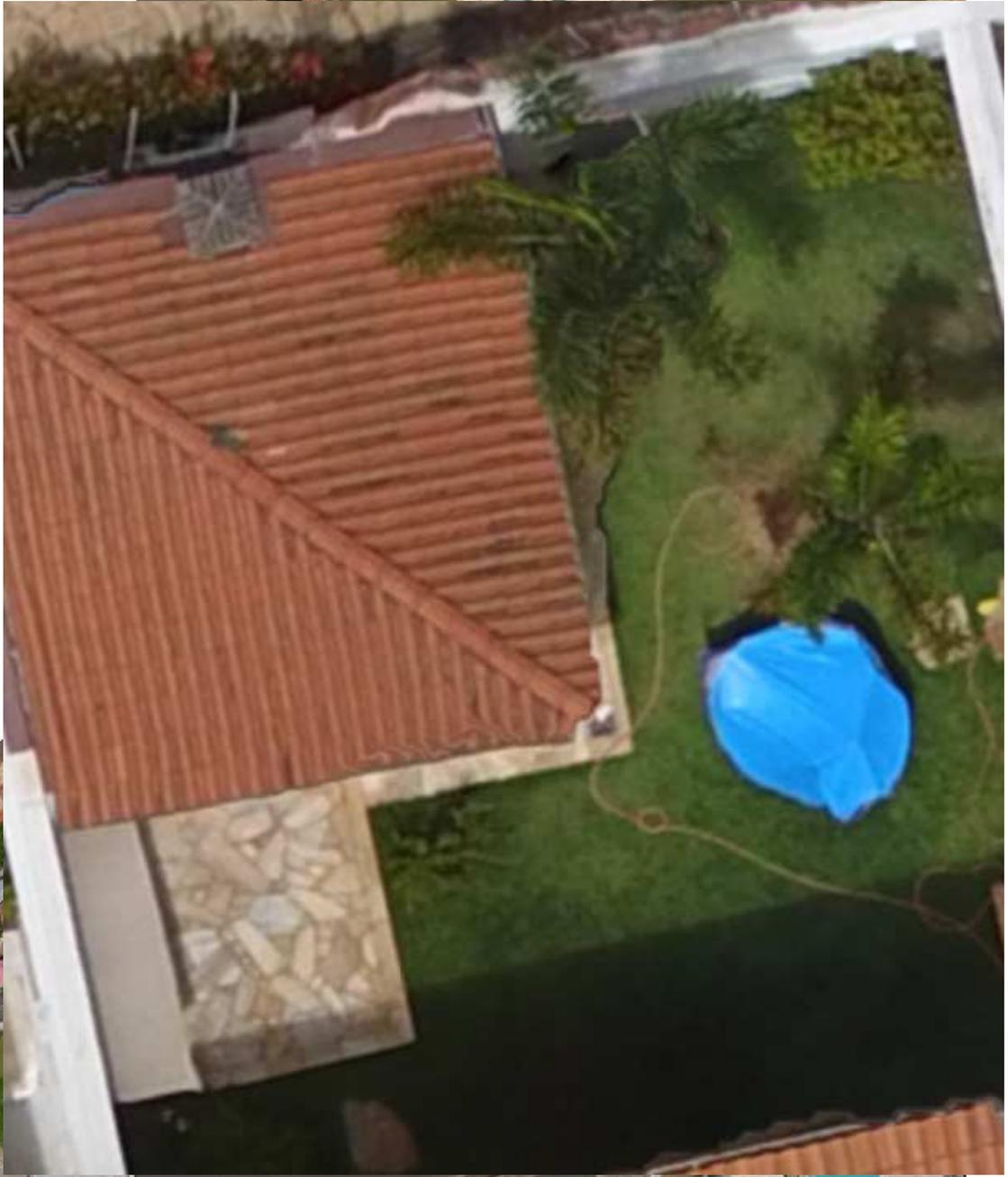
# Principais sensores no mercado para agricultura:

- LiDAR



# LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO





Obrigado!

Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Dep. Eng. de Biosistemas – ESALQ/USP