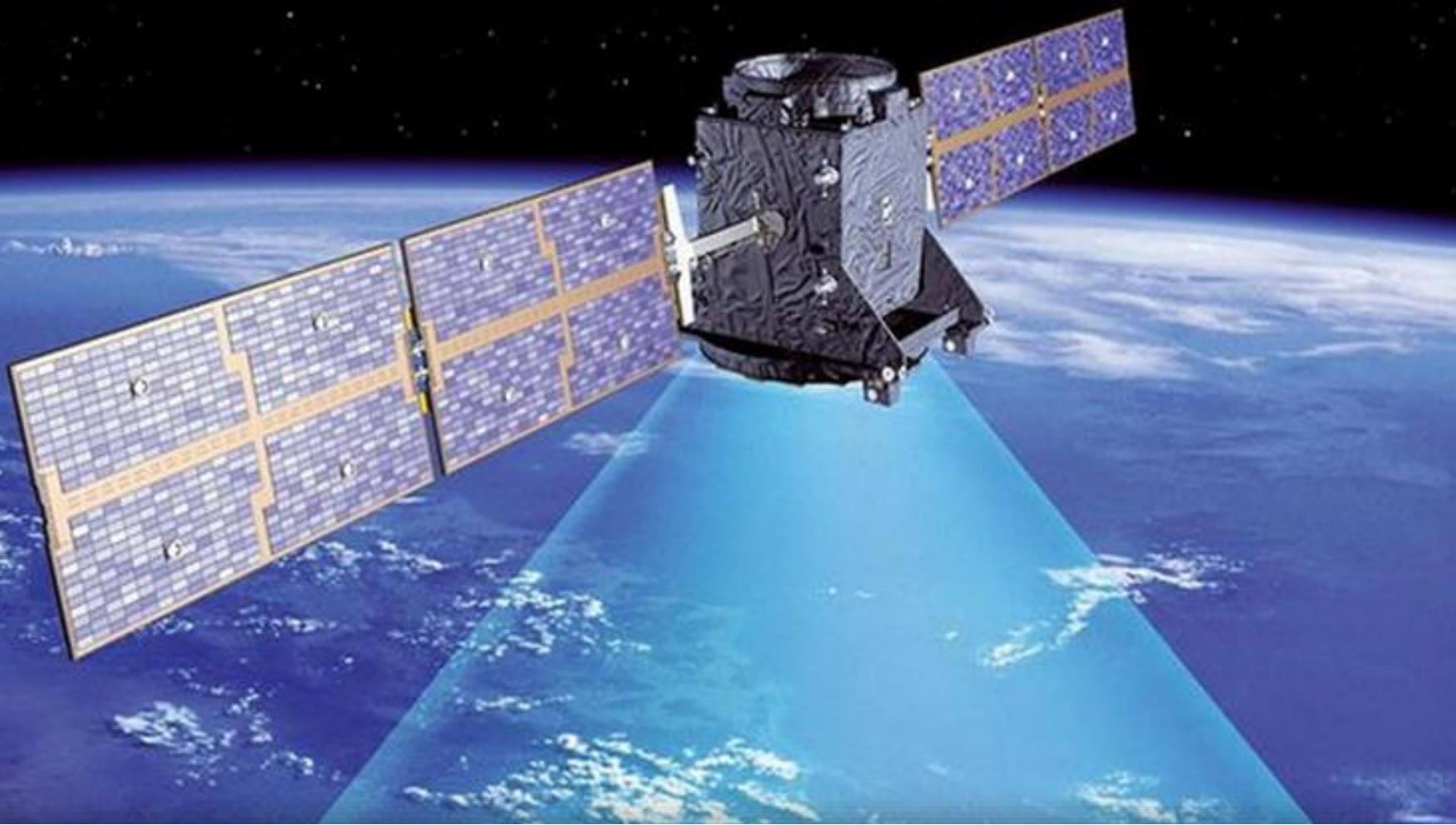

Introdução a Ciência da Geoinformação

Sensoriamento remoto e fotogrametria

Prof. Daniel José de Andrade

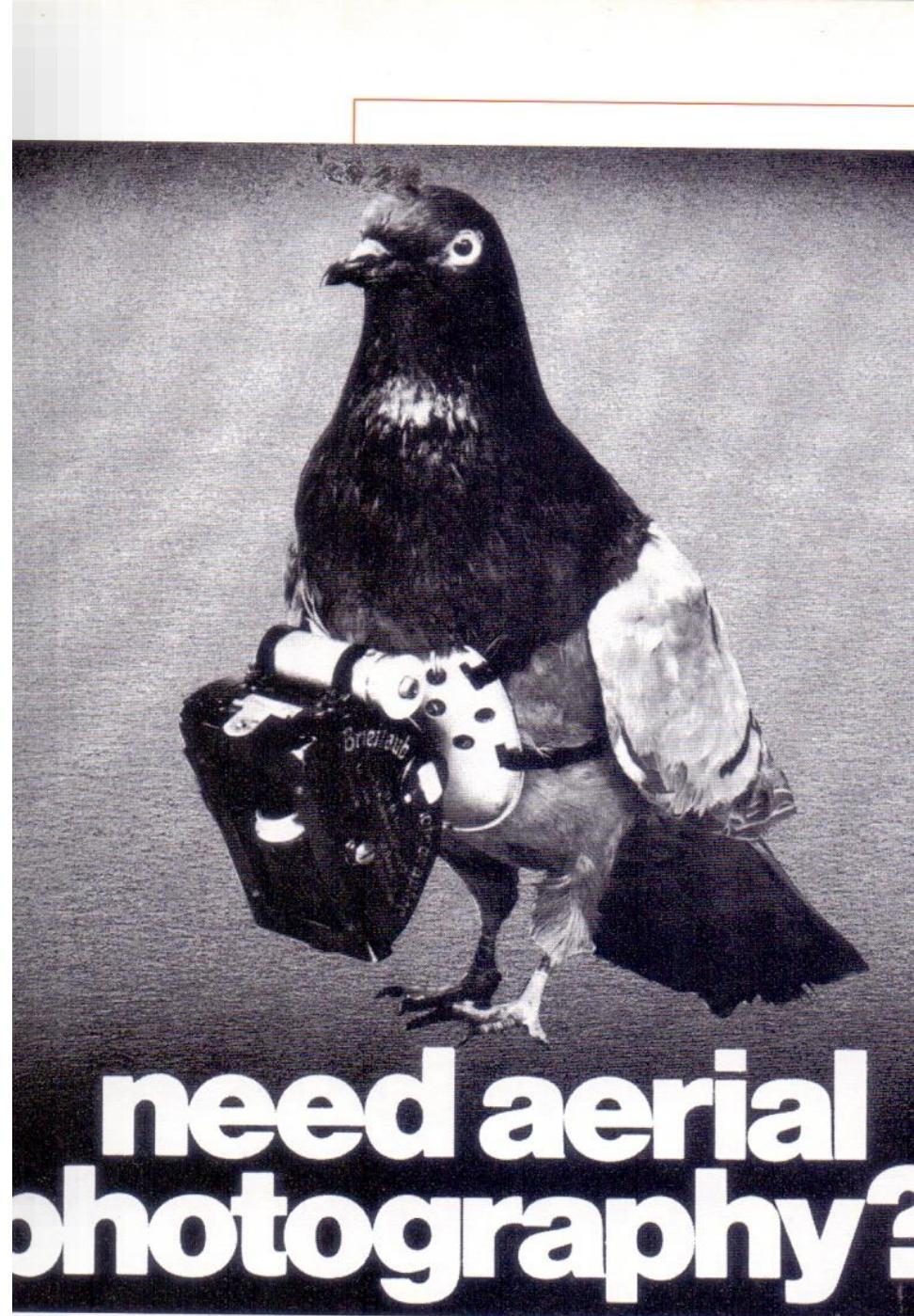
Objetivo

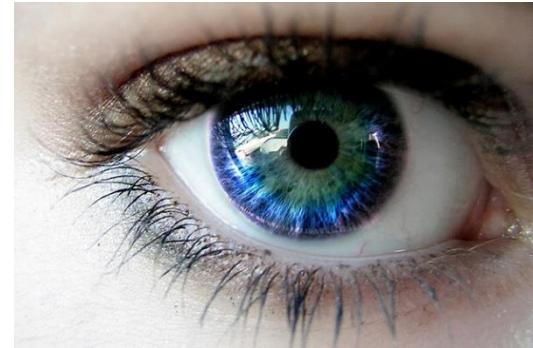
Apresentar os conceitos básicos de fotogrametria e sensoriamento remoto.



Sensoriamento Remoto

- Fig. 1 – Reprodução de um anúncio publicado na Revista da Sociedade Americana de Fotogrametria. A foto é do início do século XX.





Sensores remotos



- O Sensoriamento remoto pode ser definido como a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contanto físico com ele.

Conceito de sensoriamento remoto:

Para Oliveira (1998) sensoriamento remoto é portanto a “técnica que utiliza sensores na captação e registro da energia refletida ou emitida por superfícies ou objetos da esfera terrestre ou de outros astros”

OS COMPONENTES DO SR

O SR utiliza modernos sensores a bordo de aeronaves ou satélites, equipamentos para a transmissão, recepção, armazenamento e processamento de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre nos domínios espacial, temporal e físico, através do registro e da análise das interações entre radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra.

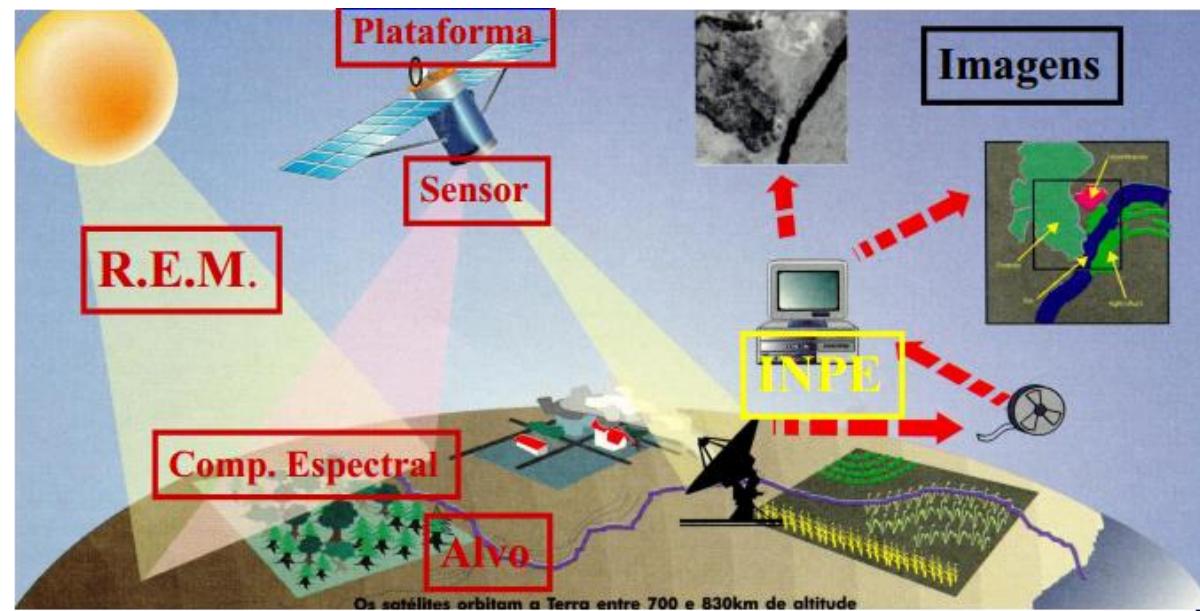


Fig. 1 –Componentes SR

A energia eletromagnética é o meio através do qual os dados dos objetos são transmitidos ao sensor, transformando-se através da sua frequência, intensidade e polarização em informação. As interações entre radiação eletromagnética e os varia ao longo do espectro eletromagnético.

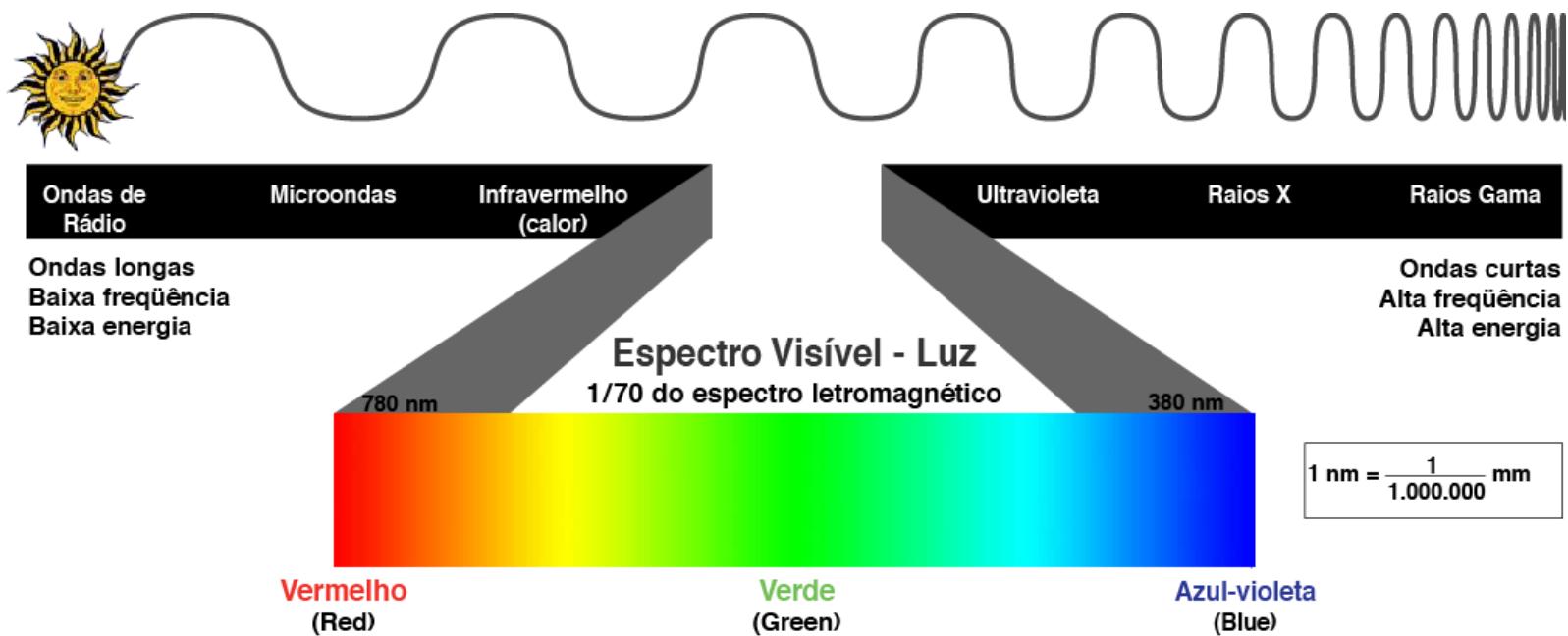
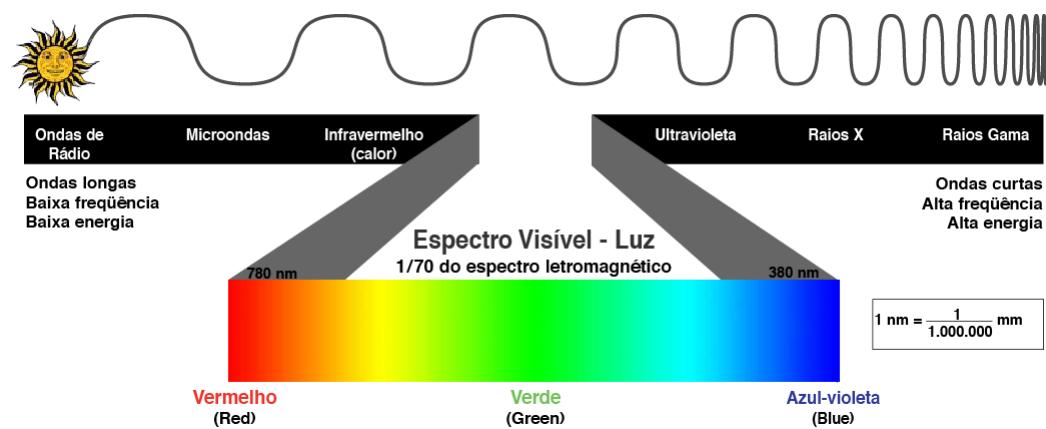
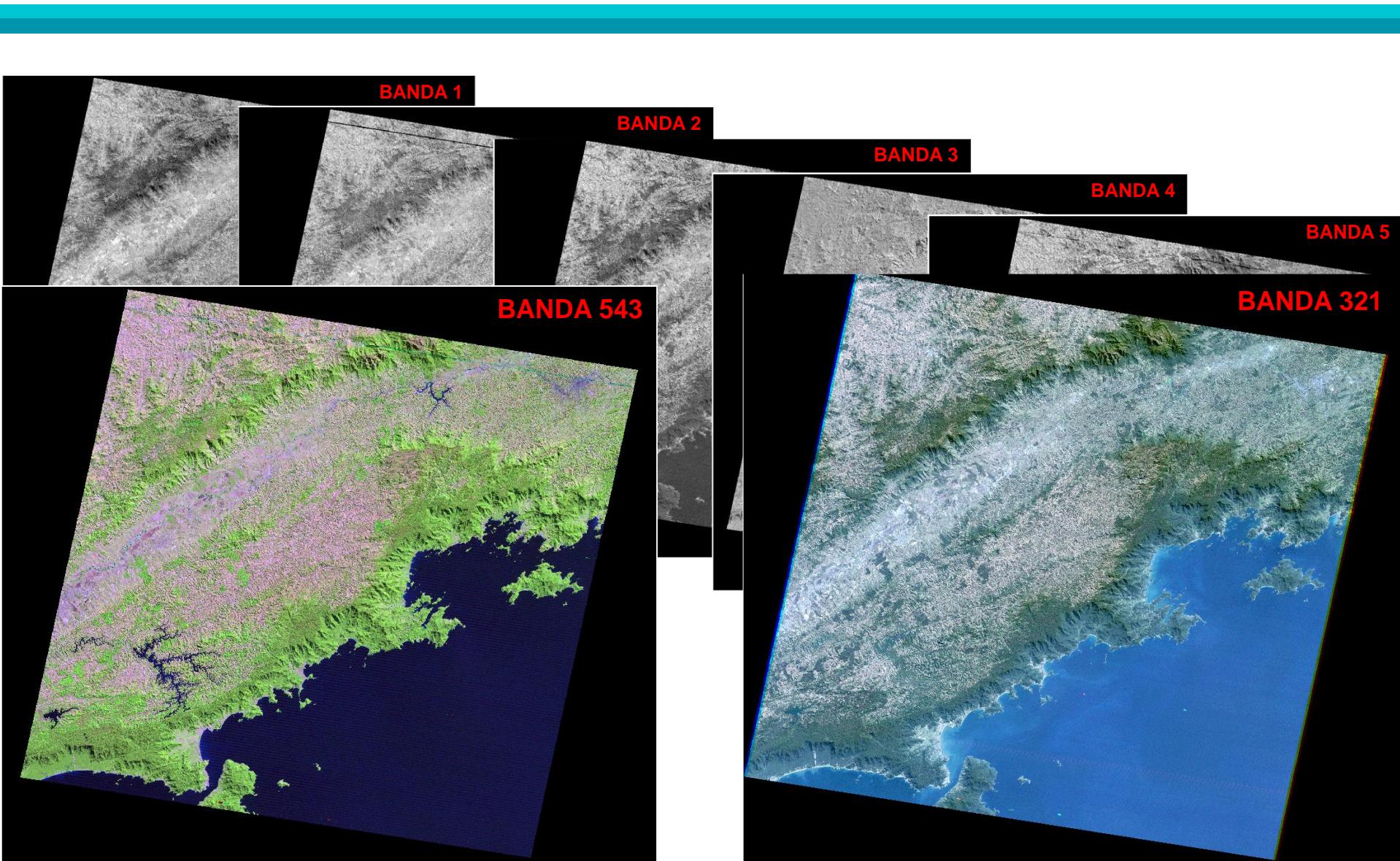


Fig. 2 – Espectro Eletromagnético

Vejamos o exemplo das bandas dos sensores presentes no satélite Landsat5 TM:

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral
TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 μm
	(B2) VERDE	0.50 - 0.60 μm
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 μm
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 μm
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 μm
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 μm
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 235 μm



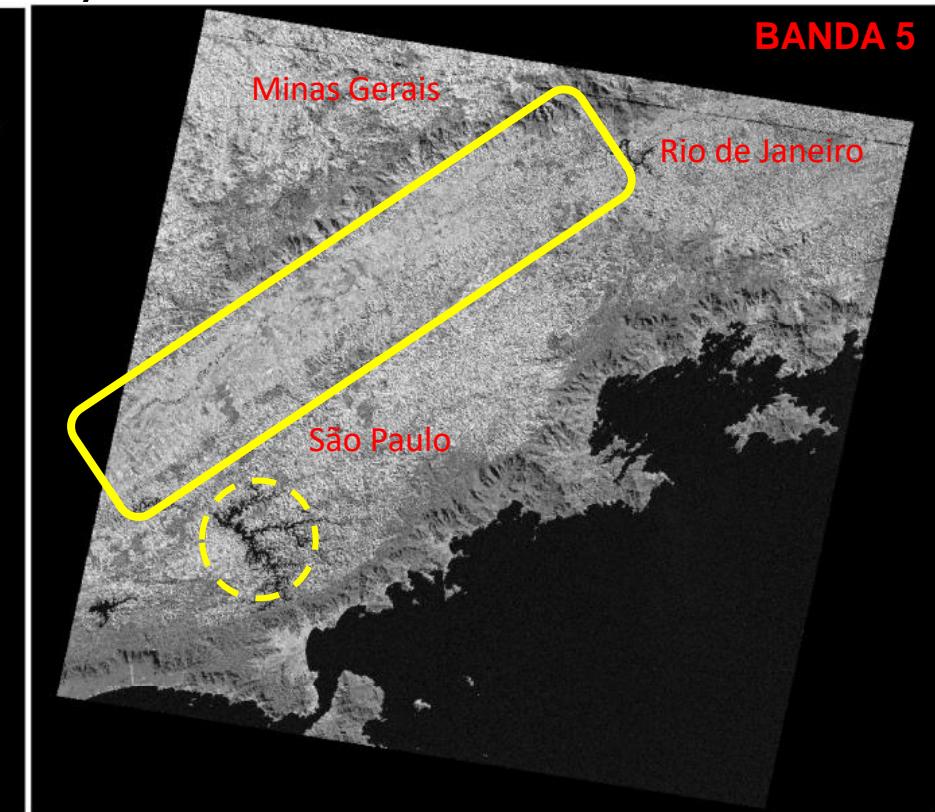
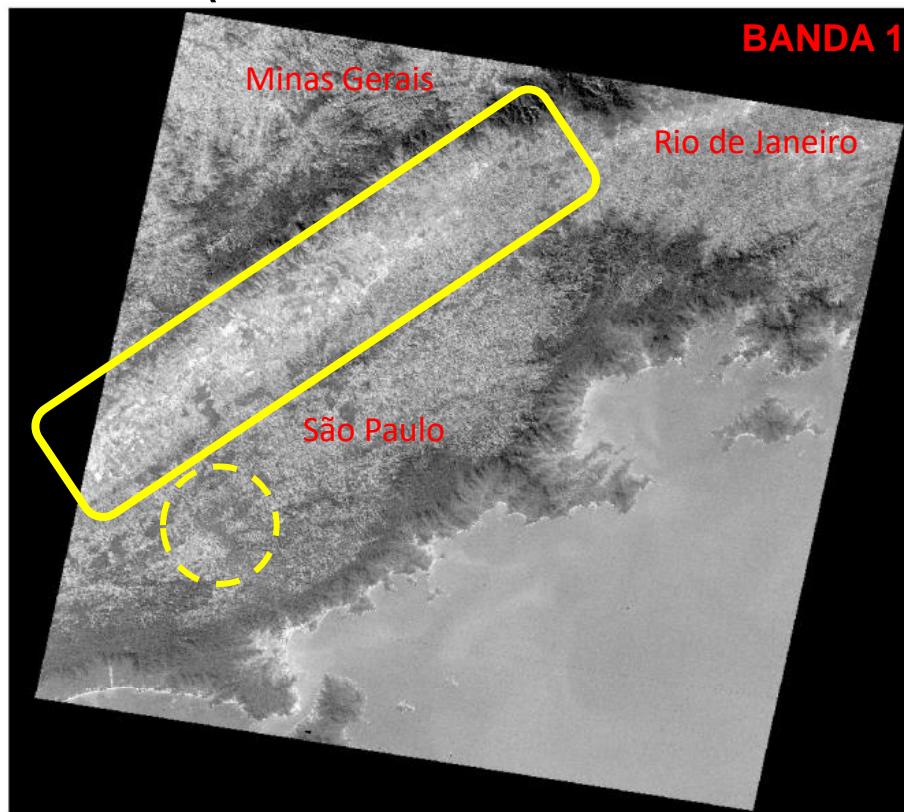


Características das imagens orbitais:

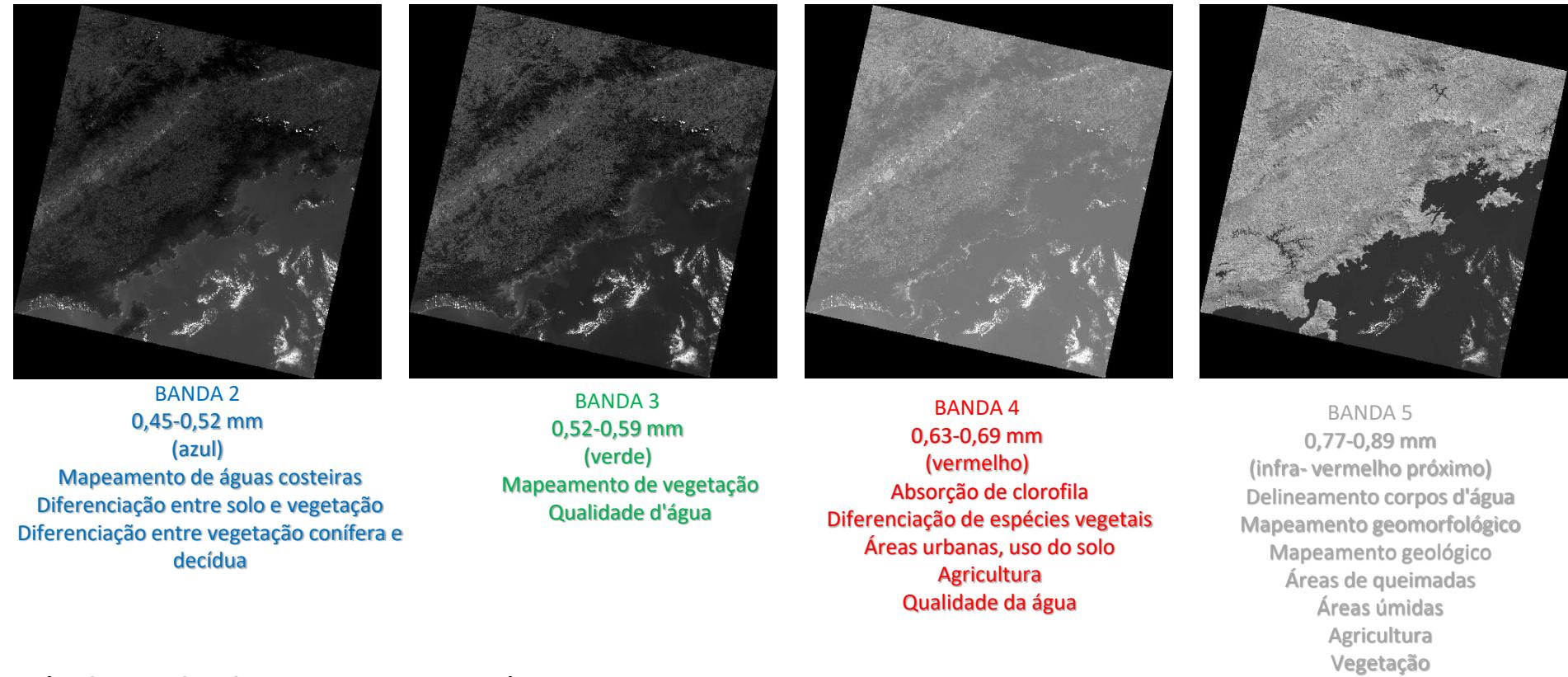
Resolução Espacial – é a capacidade do sensor de detectar objetos a partir de uma determinada dimensão. Quanto maior a resolução do sistema sensor, menor é o tamanho mínimo dos elementos que podem ser detectados individualmente. Ex.: LANDSAT 8 = 15m; SPOT 5 = 2,5m; IKONOS II = 1m; QUICKBIRD II = 61cm.

Resolução Espectral – expressa a capacidade do sensor de registrar à radiação em diferentes regiões do espectro. Quanto melhor a resolução espectral, maior o número de bandas espectrais que podem ser adquiridas sobre os objetos da superfície, aumentando o poder de extração de informação em cartas temáticas. Ex.: LANDSAT 8 = 11 bandas; SPOT 5 = 5 bandas; NOAA 15 = 6 bandas.

Resolução espectral Landsat 5 TM - Banda 1 (faixa visível do azul) e Banda 5 (faixa do infravermelho médio)



SINTESE DE UTILIZAÇÃO DE SENsoRES/BANDAS LANDSAT 8



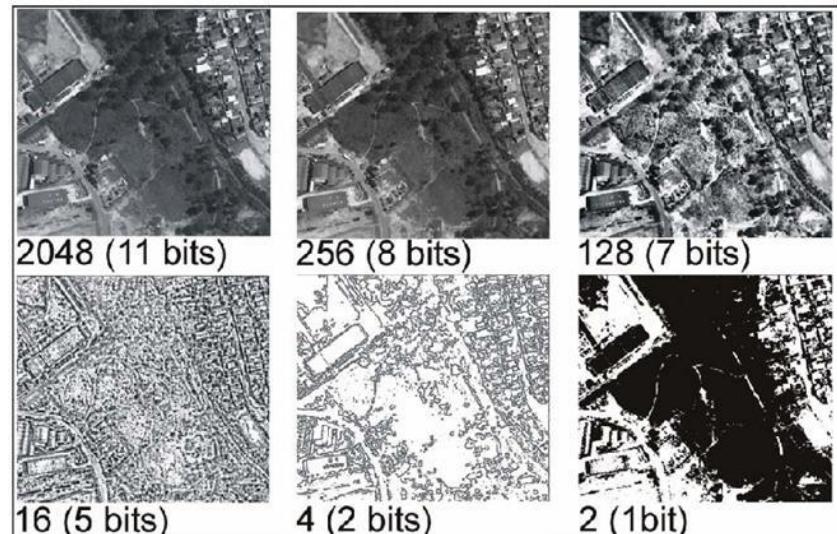
(Adaptado de STEFFEN, 2022).

Características das imagens orbitais:

Resolução Radiométrica – representa a capacidade de discriminar entre diferentes intensidades de sinal ou número de níveis digitais em que a informação se encontra registrada. Quanto maior for esta resolução, maior será a sensibilidade do sensor nas pequenas diferenças de radiação, aumentando o poder de contraste e de discriminação das imagens.

Tem-se 1 byte = 8 bits na forma binária $2^n = 256$ níveis de cinza.

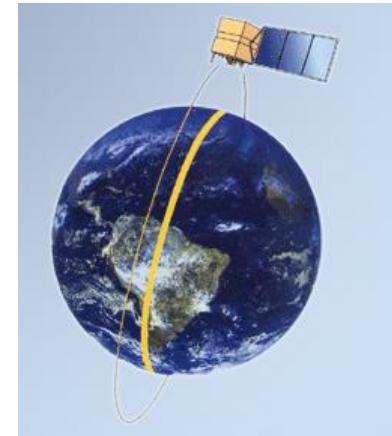
Ex.: LANDSAT 7 = 8 bits ou 256 níveis de cinza; ERS (europeu) tem 16 bit ou 65.536 níveis de cinza



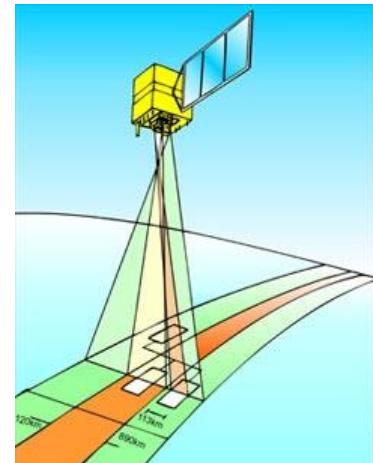
Resolução Temporal – representa a frequência com que a área de interesse é revisitada ou imageada.

Ex.: LANDSAT 7 = 16 dias; CBERS = 3 dias; QUICKBIRD = 1 a 3,5 dias; EROS = 1,8 a 4 dias.

NOAA = 6 horas e METEOSAT = 30 minutos



Largura da faixa imageada – uma outra características é a largura da faixa imageada, ou largura da faixa de varredura, que varia de acordo com o satélite. Ex.: LANDSAT 7 = 185 Km; CBERS = 120Km; SPOT = 60 Km; IKONOS = 13 Km.



Sistemas sensores

Os sistemas sensores podem ser classificados em: passivos e ativos.

Passivos – necessitam de uma fonte de energia externa. Ex. Luz Solar

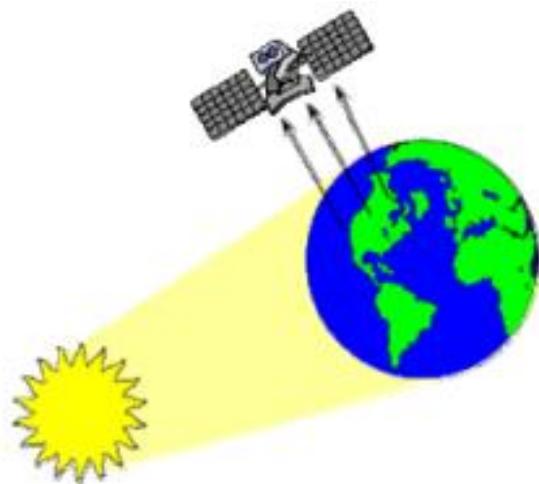


Fig. 3 – Sensores passivos. Exemplo: Landsat, Spot, Ikonos, Worldview, CBERS.

Ativos – fornece energia para imagear. Ex. RADAR.

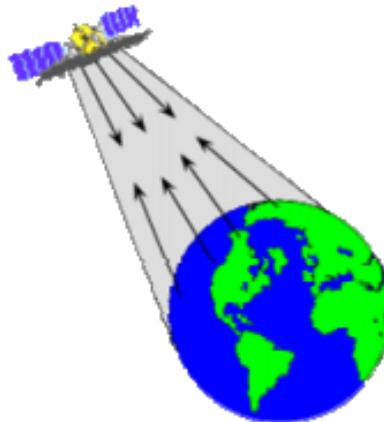


Fig. 3 – Sensores ativos. Exemplo: RADARSAT, Jers-1, etc

SISTEMAS SENSORES

Basicamente têm-se os sensores fotográficos, de radar, laser, espectrômetros e radiômetros

Sensores

Fotográficos	Tentam reproduzir as características do olho humano	Necessita de fonte de luz solar para a captação. Limitados a operar em determinados períodos do dia e sob condições atmosféricas favoráveis.	Exemplos: LANDSAT e SPOT
Radar	Transmite um pulso micro-ondas em direção ao alvo; recebe a porção refletida após esse interagir com o alvo	Independe da iluminação solar, podendo operar a qualquer hora. Devido aos seus comprimentos de ondas (5,6cm), conseguem trabalhar	Exemplos: RADARSAT, ERS e JERS
Laser	Operam semelhantemente ao RADAR, não são imageadores e trabalham com a luminescência, o produto deste sistema é um perfil, ao longo do vôo.	Tem a capacidade de obter a radiação devolvida por algumas substâncias, como: minerais de importância econômica, óleos minerais, clorofila, corantes artificiais.	Vôos aéreos

SISTEMAS SENSORES

Basicamente têm-se os sensores fotográficos, de radar, laser, espectrômetros e radiômetros

Sensores

Espectrômetros	Medem o conteúdo espectral de um campo eletromagnético. Em vôos a partir de aeronaves, estes sensores captam a radiação gama produzida por elementos naturais (Urânio,	Usados para localizar recursos minerais ou para avaliar a extensão de um acidente nuclear	
Radiômetros	São utilizados para obter perfis de temperatura da atmosfera e dos oceanos.	Os radiômetros de micro-ondas medem a temperatura, salinidade e rugosidade da superfície do mar. Os radiômetros imageadores são utilizados para mapear as distribuições de temperatura.	

Tabela 1 (cont) – Sistemas sensores. Fonte Rocha (2008)

SISTEMAS ORBITAIS

SATÉLITES METEOREOLÓGICOS – GOES E METEOSAT

Segundo Rocha (2008), consistem de satélite de órbita geoestacionária, localizados em órbitas altas (36.000 Km acima da Terra) no plano do Equador, deslocando-se com a mesma velocidade angular e direção do movimento de rotação da Terra. Isso faz com que coletem constantemente a mesma área da superfície da Terra.

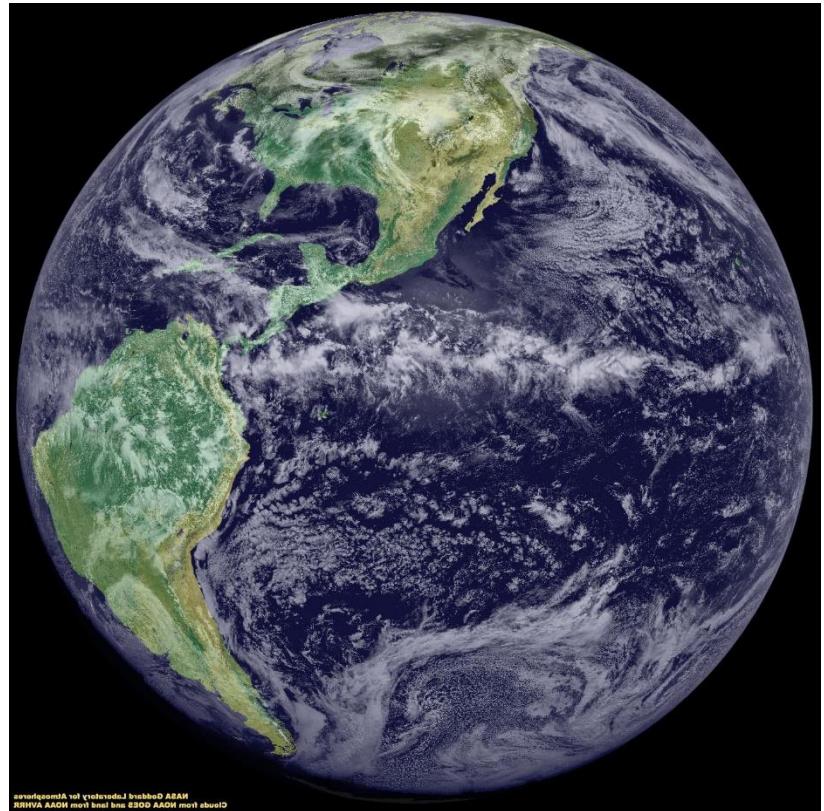


Imagen da Terra obtida pelo GOES 11. (Fonte NOAA, 2006)

SATÉLITE DE APLICAÇÃO HÍBRIDA - NOAA

Segundo Rocha (2008), possuem esta classificação justamente por trabalharem com aplicações meteorológicas, oceanográficas e terrestres. Possuem órbitas polares, síncronos ao Sol constante ao longo do ano, possibilitando passar pela mesma região sempre no mesmo horário.



Imagen obtida pelo NOAA de furacão Sandy. (Fonte NOAA, 2005)

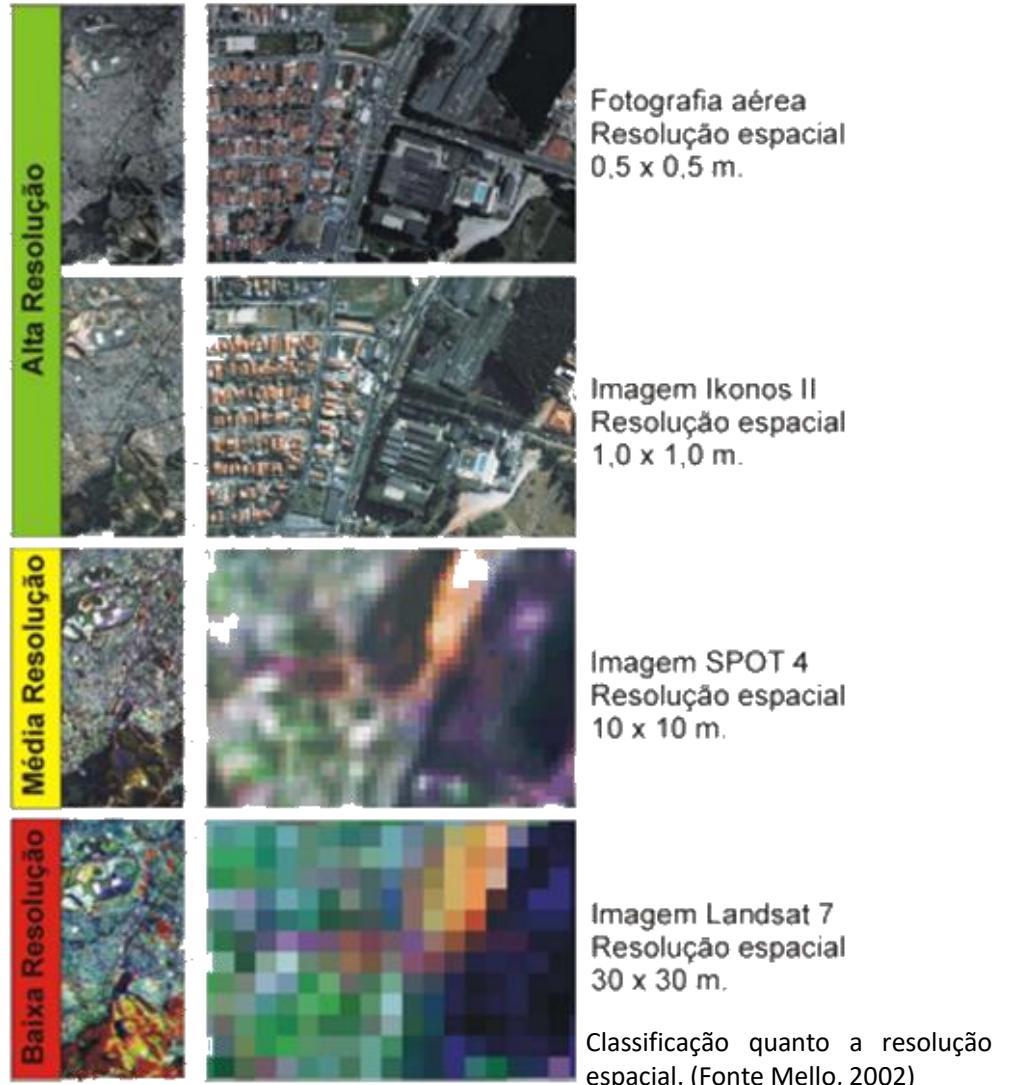
SATÉLITE DE RECURSOS NATURAIS

Segundo Rocha (2008), são os que possuem mais sistemas disponíveis. Devido à órbita quase polar, recobrem grande parte da totalidade da Terra. Os principais sistemas são:

LANDSAT	SPOT	CBERS	IRS	KOMPSAT	EROS	IKONOS
QUICKBIRD	JERS	ERS	ENVISAT	RADARSAT		ASTER

Quadro 1 – Satélites de recursos naturais. Fonte Rocha (2008)

Comparação das resoluções espaciais entre diferentes sistemas orbitais



SISTEMA LANDSAT (Baixa Resolução)

Segundo Rocha (2008), colocado em órbita em 1972 com o nome de Earth Resources Technological Satellie -1) com resolução de 80metros. Em 1984 com sensores TM (Thematic Mapper) e MSS (Multispectral Scanner System) o LANDSAT 5 imageava com resolução de 30 metros.

O LANDSAT 7 em 1999, possuía sensores ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) e PAN (pancromático) em resolução de 15m.

O LANDSAT 8 lançado em 2013, possui 11 bandas, dentre eles uma banda PAN (15 metros)

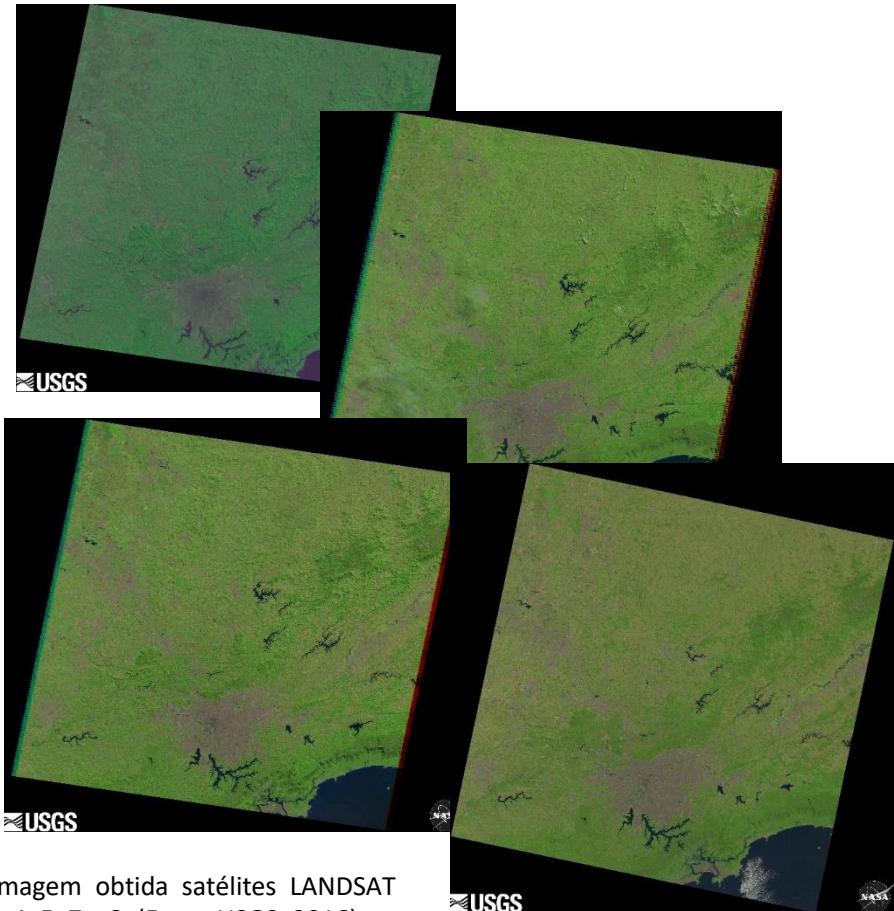


Imagen obtida satélites LANDSAT 1-4, 5, 7 e 8. (Fonte USGS, 2016)



Satélite LANDSAT 1-4 (1985)



Satélite LANDSAT 7
(2003)



Satélite LANDSAT 5
(2011)



Satélite LANDSAT 8
(2015)

SISTEMA SPOT (Média Resolução)

Segundo Rocha (2008), o, SPOT-1 foi lançado em 1986, o segundo o SPOT-2 em 1990 e o terceiro o SPOT-3 em 1993.

Em 1998, foi lançado o SPOT-4 incorporando mais um canal multi-espectral (XS) e um novo sensor VEGETATION para o monitoramento de vegetação. A resolução dos sensores destes satélites são: 20 metros no modo multiespectral e 10 metros no modo PAN.

A resolução dos sensores destes satélites são: 20 metros no modo multiespectral e 10 metros no modo PAN.

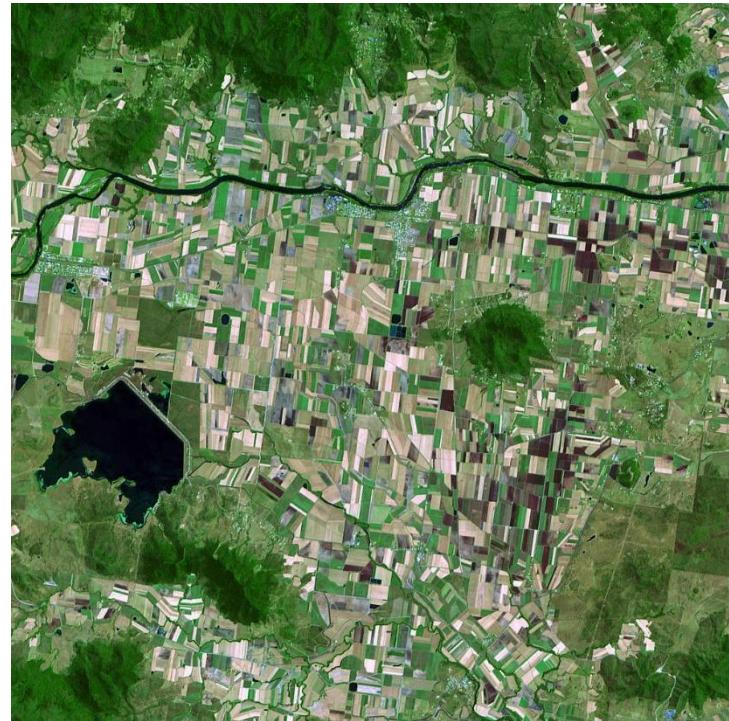


Imagen obtida satélite SPOT-4.
(Fonte Geoimage, 2016)

SISTEMA QUICKBIRD (Alta Resolução)

Segundo Rocha (2008), lançado em 2001, o QuickBird II localiza-se em uma órbita à 450 Km de altura. Possui resolução espacial de 61cm no modo PAN e 2,44cm no modo Multiespectral (Vermelho, Verde, Azul e Infravermelho Próximo).

Atualmente alguns outros sensores imageiam em resoluções mais próximas ao solo como os Satélites WorldView I, II e III, que chegam à 0,31 m, ou 31 cm de resolução espacial.



Imagen obtida satélite QuickBird II. (Fonte Satellite Imaging Corporation, 2011)



Fotogrametria

Conceito de fotogrametria:

Segundo Oliveira (1998), é a ciência ou a arte da obtenção de medidas fidedignas por meio da fotografia.

Rodrigues (2002) define fotogrametria como um dos ramos da ciência cartográfica que possibilita a restituição de medidas precisas para a produção de cartas com o emprego das fotos terrestres ou aéreas.

Fotogrametria aplicações

Segundo o IBGE, a fotogrametria é a ciência que permite executar medições precisas utilizando de fotografias métricas. Embora apresente uma série de aplicações nos mais diferentes campos e ramos da ciência, como na topografia, astronomia, medicina, meteorologia e tantos outros, tem sua maior aplicação no mapeamento topográfico.

Rodrigues (2002) a fotogrametria utiliza aparelhos e métodos estereoscópios, permitindo uma visão de imagens tridimensionais

BREVE HISTÓRICO DA AEROFOTOGRAMETRIA

- Inicialmente a fotografia tinha a única finalidade de determinar a posição dos objetos, pelo método das interseções, sem observar ou medir o relevo.
- Em 1901, o alemão Pulfrich, apoiando-se em princípios estabelecidos por Stolze, introduziu na Fotogrametria o chamado índice móvel ou marca estereoscópica. Então, não só foi possível observar o relevo, como medir as variações de nível do terreno.
- Pulfrich construiu um primeiro aparelho que denominou "estereocomparador", e com ele iniciou os trabalhos dos primeiros levantamentos com base na observação estereoscópica de pares de fotografias utilizados em fotogrametria terrestre.

- Ocorreu elevar ao máximo o ponto de estação para a fotogrametria terrestre, sendo utilizados balões, balões cativos (hidrogênio ou hélio) e até "papagaios".
- Durante a guerra de 1914 - 1918 tornou-se imperioso um maior aproveitamento da fotogrametria, usando-se, para tomada de fotografias, pontos de estação sempre mais altos.
- Com o advento da aviação desenvolveram-se câmaras especiais para a fotografia aérea, substituindo quase que inteiramente a fotogrametria terrestre, a qual ficou restrita apenas a algumas regiões. Quando são utilizadas fotografias aéreas, tem-se a **aerofotogrametria**.
- Assim, aerofotogrametria é definida como a ciência da elaboração de cartas mediante fotografias aéreas tomadas com câmara aero-transportadas (eixo ótico posicionado na vertical), utilizando-se aparelhos e métodos estereoscópicos.

- A aerofotogrametria como o próprio nome diz respeito as fotografias aéreas.

No que se refere à fotografia aérea, esta é resultado de um grande número de especificações, normas e cuidados relativos:

- a) Ao avião, ou ao voo em si;
- b) À câmera aérea e a lente;
- c) Ao filme;
- d) As condições atmosféricas.

Estereoscopia

- Segundo Oliveira (1998), a visão estereoscópica ocorre quando os dois olhos simultaneamente e combinados nos dá sentido de profundidade.

Quando uma câmera aérea vai fotografando o terreno em espaços uniformes, ao longo do vôo do avião, cada fotografia é tirada em um ângulo diferente do ângulo pelo qual é obtida a fotografia seguinte. Então a área em comum entre as duas fotografias, que é a superposição, repete a visão binocular humana.

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA
COMANDO COSTEIRO
1º/6º GRUPO DE AVIAÇÃO

PROJETO OI/FAB - IBGE - 74 - ÁREA "B"

LINHARES

QUADRÍCULA: SE - 24 - Y - D

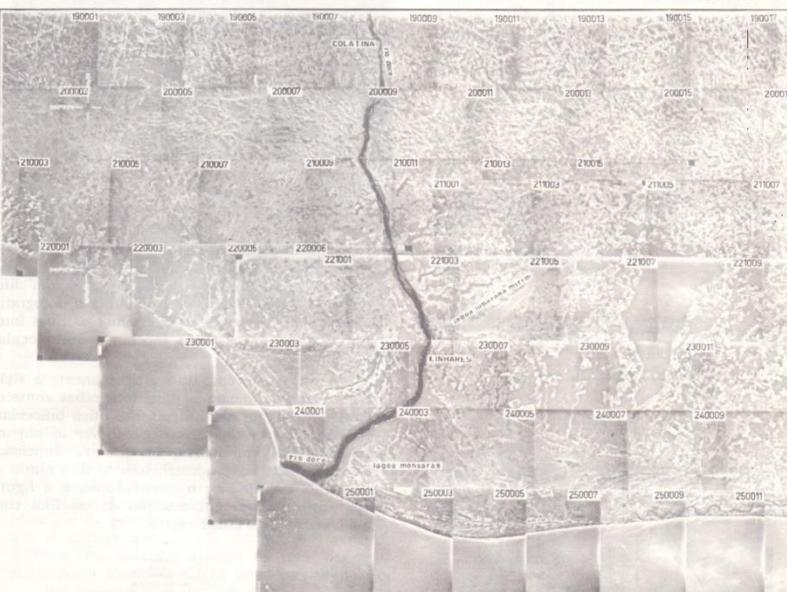
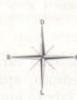


FOTO ÍNDICE

0 6 12 18 24 km

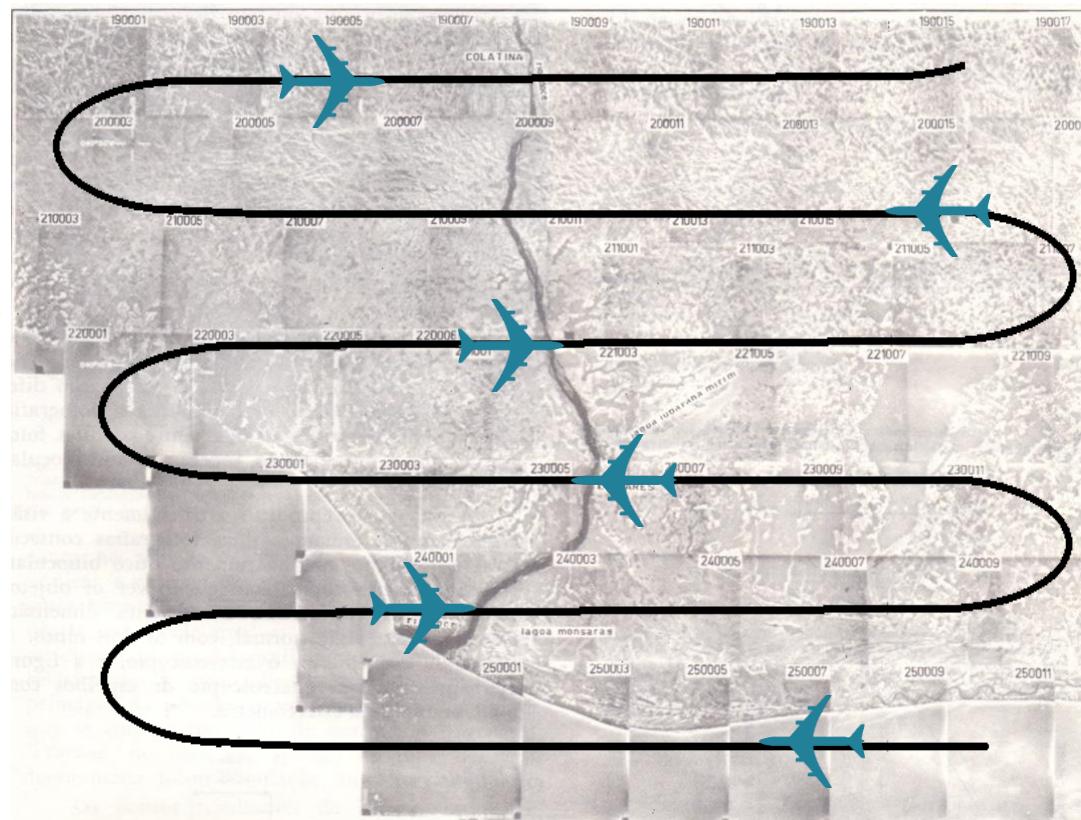
CÂMARA: RC - 9
ESCALA DO VÔO

0 1 2 3 4 5 6 km



DATA	19001	19003	19005	19007	19009	19011	19013	19015	19017
19001	19001	19003	19005	19007	19009	19011	19013	19015	19017
200002	200002	200005	200007	200009	200011	200013	200015	200017	
210001	210002	210005	210007	210009	210011	210013	210015	210017	
220001	220002	220005	220007	220009	220011	220013	220015	220017	
230001	230002	230003	230005	230007	230009	230011			
240001	240002	240003	240005	240007	240009				
250001	250002	250003	250005	250007	250009	250011			

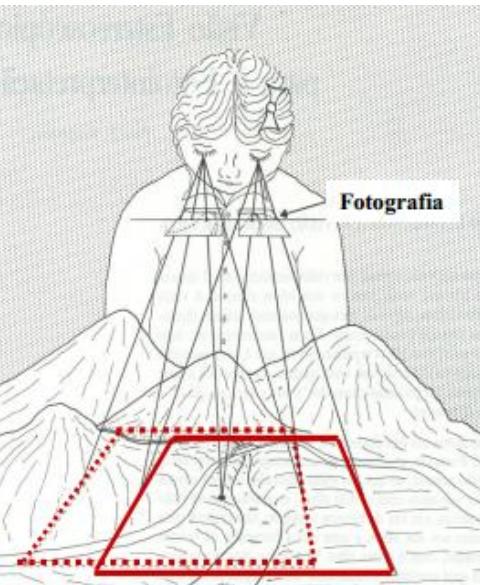
Norte



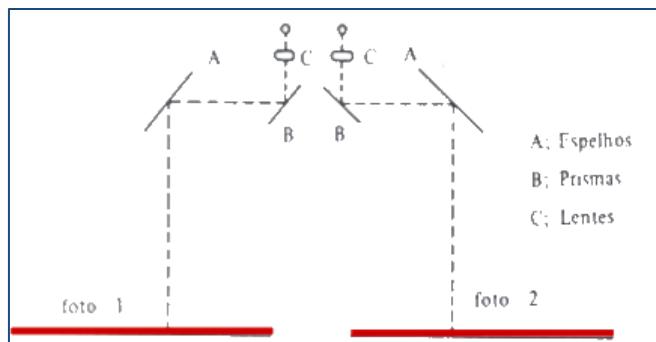
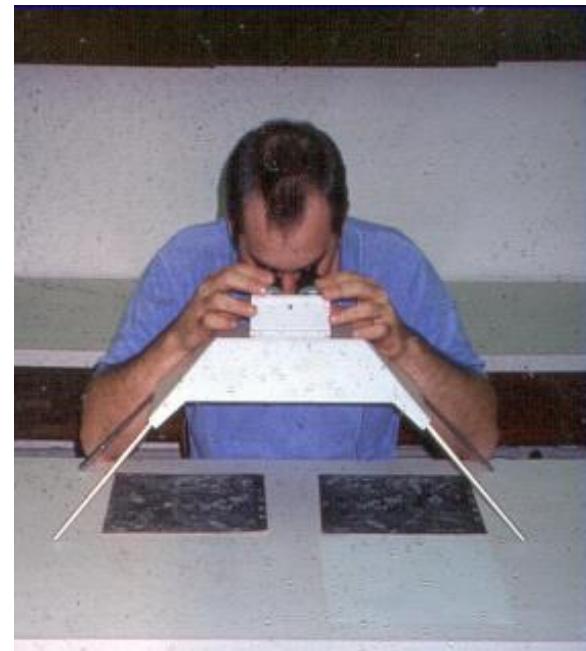


Fotos aéreas de São José dos Campos – data do vôo 1973.

Fonte: acervo Sandra M. F. Costa



A visão simultânea, combinada, é que nos dá o sentido da profundidade. Por um mecanismo fisiológico e psíquico, o cérebro faz a comparação instantânea das diferenças existentes entre a visão esquerda e direita e analisa a noção de profundidade, enxergando cada ponto do objeto em seu verdadeiro lugar.



O Futuro da Fotogrametria o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)

De acordo com Graça, Mitishita, e Gonçalves (2014), devido às facilidades existentes na realização do recobrimento aerofotogramétrico, as aplicações da tecnologia VANTS são mais apropriadas para a execução de projetos de engenharia que visam à extração de informações atualizadas da superfície terrestre, exigindo a elevada resolução espacial das imagens, associada com a necessidade de avaliações frequentes.



Plataforma VANT – Piper J3 UAV Hydroaircraft. Fonte: Graça, Mitishita e Gonçalves (2014)



Uma das fotos do bloco de imagens do VANT
Fonte: Graça, Mitishita e Gonçalves (2014)



Ortofoto gerada da região estudada.
Fonte: Graça, Mitishita e Gonçalves (2014)

Ortofoto

De acordo com Rodrigues (2002), a foto aérea após as correções de distorções e adicionada a mesma coordenadas da superfície terrestre, pode reproduzir a realidade da superfície fotografada, permitindo interpretações e fornecendo informações de acordo como objetivo a ser alcançado. Diferente do mapa que sintetiza informações, a ortofoto é mais rica em informações e, dependendo da sua qualidade, são maiores os melhores resultados obtidos.

As principais aplicações do uso de ortofotos são:

- Cadastro;
- Regularização fundiária;
- Monitoramento ambiental;
- Planos diretores;
- Estudo de processos erosivos;
- Restauração de monumentos;
- Mapeamentos municipais;
- Estudos e diagnósticos turísticos;
- Estudos geoambientais
- Estudos de bacias hidrográficas



Ortofoto Jacareí, Fonte, PMJ, 2009.



Imagen de satélite Worldview II, 2013.