

# **Sensoriamento Remoto I**

**José Antonio Pacheco de Almeida  
Paulo José de Oliveira**



**São Cristóvão/SE  
2010**

# Sensoriamento Remoto I

## Elaboração de Conteúdo

José Antonio Pacheco de Almeida

Paulo José de Oliveira

---

## Projeto Gráfico e Capa

Hermeson Alves de Menezes

## Diagramação

Neverton Correia da Silva

---

Copyright © 2010, Universidade Federal de Sergipe / CESAD.  
Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização por escrito da UFS.

FICHA CATALOGRÁFICA PRODUZIDA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Almeida, José Antonio Pacheco de.  
A447      Sensoriamento remoto I / José Antonio Pacheco de  
Almeida, Paulo José de Oliveira. -- São Cristóvão:  
Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2010.

1. Sensoriamento remoto. I. Oliveira, Paulo José de.  
I Título.

CDU 528.8

## **SATÉLITES DE OBSERVAÇÃO DA TERRA**

### **META**

Apresentar as características dos principais satélites de observação da Terra.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- Conhecer as características dos principais programas que utilizam satélites para aquisição de imagens da Terra.

### **PRÉ-REQUISITOS**

Dominar o conteúdo das aulas 6 e 7.

### INTRODUÇÃO

Os sistemas sensores de observação da Terra, transportados a bordo dos satélites artificiais, registram a energia refletida ou emitida pelos objetos geográficos, as quais são transformadas em imagens. Entre os principais países e programas existentes, destacam-se os Estados Unidos com o programa LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite), pioneiro com o lançamento do primeiro satélite destinado a observação dos recursos naturais terrestre e a França com o programa SPOT (Systeme Probatoire d'Observation de La Terre), desenvolvido através de um consórcio de países europeus, com sede em Toulouse na França. O Brasil participa dos programas LANDSAT e SPOT recebendo imagens através de uma estação de recepção do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) localizada em Cuiabá – MT (Figura 8.1). Os dados recebidos na referida estação são enviados para o laboratório do INPE em Cachoeira Paulista – SP, quando são corrigidos e transformados em imagens para ser adquiridas pelo usuário de imagens de satélites.



Figura 8.1 - Estação de recepção do INPE em Cuiabá-MT.

O lançamento de novos satélites de alta resolução espacial, a exemplo dos satélites americanos IKONOS, QUICKBIRD e GEOEYE e do satélite israelense EROS (Earth Remote Observation Satellite), aportam novos elementos para os estudos detalhados dos objetos geográficos, a exemplo da dinâmica das cidades e cadastramento de imóveis urbanos.

Com o lançamento do CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) em 1999, o Brasil entra definitivamente no seleto grupo de países que possuem satélites artificiais em órbita da Terra.

## SATÉLITES DE OBSERVAÇÃO DA TERRA

### SATÉLITES METEOROLÓGICOS

#### GOES E METEOSAT

Os satélites meteorológicos GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) e METEOSAT (Meteorological Satellite) possuem órbitas geostacionárias situada a aproximadamente 36.000 quilômetros acima da superfície da Terra no plano do equador. Fornecem imagens a cada 30 minutos com resolução espacial de 1 km no visível e quatro canais no infravermelho, com resolução espacial de 4 e 8 km (Figura 8.2).



Figura 8.2 - Imagem do satélite METEOSAT.

## SATÉLITES DE IMAGEAMENTO

### PROGRAMA LANDSAT

No início da década de setenta a NASA (National Space and Space Administration) lança o primeiro satélite destinado ao monitoramento dos recursos naturais, sendo inicialmente denominado de ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Após o indiscutível sucesso do ERTS, o programa passou a ser chamado de LANDSAT.

Os três primeiros satélites da série LANDSAT foram lançados em órbita semi-polar heliossíncrona, a uma altitude de aproximadamente 900 km, completando uma órbita a cada 103 minutos. Esta série possuía uma resolução temporal de 18 dias, ou seja, a cada 18 dias o satélite passava no mesmo ponto na vertical. A partir do LANDSAT 4 a altitude foi redimensionada para 705 km. Com esse fato, os satélites deste sistema melhoraram a resolução temporal, passando pelo mesmo local na vertical, a cada 16 dias.

Os três primeiros LANDSAT eram equipados com apenas um sensor denominado de MSS (Multispectral Scanner System) com resolução espacial de 55 x 79 metros.

A partir do LANDSAT 4, um novo sensor é acrescido ao sistema, o TM (Thematic Mapper). O sensor TM dos satélites LANDSAT 4 e 5 possuem resolução espacial de 30 x 30 metros, correspondendo a uma área de 900 m<sup>2</sup>, à exceção da banda 6 (infravermelho termal), que possui 120 x 120 metros de resolução. Cada imagem da série LANDSAT recobre uma área de 185 x 185 km.

O sistema conta com sete bandas espectrais, sendo os três primeiros canais ou bandas localizadas no espectro visível. O LANDSAT 6 foi declarado perdido em outubro de 1993, pois o mesmo não atingiu a sua órbita. Em 1999 a NASA lança o LANDSAT 7 com algumas mudanças no sensor, passando a ser chamado de ETM+ (Enhanced Thematic Mapper, plus). O ETM+ possui um canal pancromático com resolução espacial de 15 metros e a resolução do canal termal passa de 120 metros para 60 metros (Figura 8.3).

Canal	Sensor	Resolução Espectral (µm)	Resolução Espacial (m)
1	TM e ETM <sup>+</sup>	0,45-0,52 (azul)	30
2	TM e ETM <sup>+</sup>	0,52-0,60 (verde)	30
3	TM e ETM <sup>+</sup>	0,63-0,69 (vermelho)	30
4	TM e ETM <sup>+</sup>	0,76-0,90 (infravermelho próximo)	30
5	TM e ETM <sup>+</sup>	1,55-1,75 (infravermelho médio)	30
6	TM	10,40-12,50 (infravermelho termal)	120
6	TM e ETM <sup>+</sup>	10,40-12,50 (infravermelho termal)	60
7	TM e ETM <sup>+</sup>	2,00-2,35 (infravermelho médio)	30
8 PAN	ETM <sup>+</sup>	0,50 - 0,90	15

Figura 8.3 - Quadro com as principais características dos sensores TM e ETM+ a bordo do LANDSAT.

A distribuição das estações receptoras da série LANDSAT permite o recobrimento quase toda a superfície da Terra (Figura 8.4)..

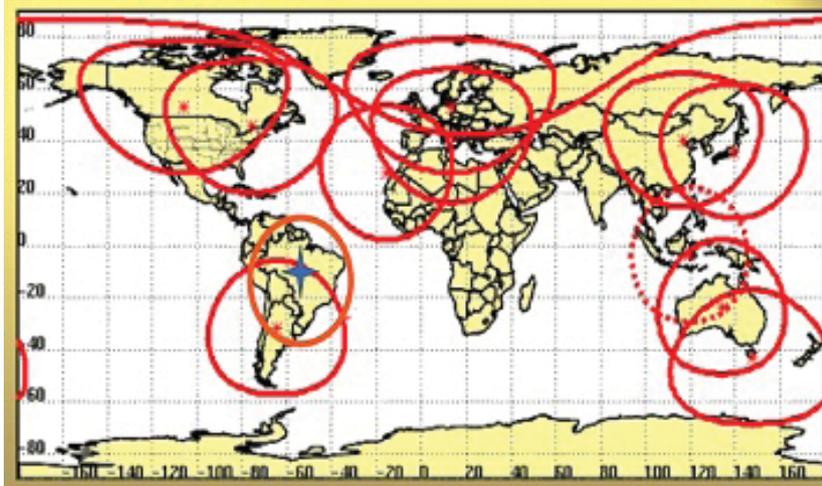


Figura 8.4 - Estações de recepção do satélite LANDSAT e respectivas áreas de recobrimento.

## PROGRAMA SPOT

A série de Satélites SPOT desenvolvido pelo CNES (Centre National d'Études Spatiales), em convênio com a Bélgica e Suécia, teve o primeiro satélite SPOT 1 lançado em 1986. Posteriormente nos dois outros satélites, SPOT 2 e SPOT 3, com características semelhantes foram lançados em 1990 e 1993, respectivamente. Os sensores HRV (Haute Resolution Visible) dos três primeiros satélites tinham resolução espacial de 20 metros para o modo multiespectral e 10 metros para o modo pancromático.

A série de Satélites SPOT está a uma altitude de 822 metros, com ciclo de repetição de 26 dias, em visada vertical e uma cena completa, recobrando no terreno uma área de 60 x 60 km. O SPOT através do sensor HRS (High Resolution Stereoscopic) é capaz de realizar visadas laterais para leste e para oeste, com ângulos de até 27°, possibilitando superposição entre as imagens e, conseqüentemente, obter a estereoscopia (Figura 8.5).

Os satélites SPOT 4, colocados em órbita nos anos de 1998, apresentam algumas alterações significativas em relação aos anteriores. Ao SPOT 4 foi adicionado o sensor Vegetation com resolução espacial de 1,15 km e uma faixa de imageamento de 2.250 metros e o sensor HRV foi pelo sensor HRVIR (Haute Resolution Visible et Infrarouge). Ao SPOT 5, lançado em 2002, foi acrescida a banda pancromática com resolução de 2,5 metros (Figura 8.6).



Figura 8.5 - Esquema do sensor HRS do sistema SPOT.

Canal	Faixa Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial (m)
SPOT 1 2 3 sensor HRV		
XS1	0,50 - 0,59	20
XS2	0,61 - 0,68	20
XS3	0,79 - 0,89	20
PAN	0,51 - 0,73	10
SPOT 4 sensor HRVIR		
B1	0,50 - 0,59	20
B2	0,61 - 0,68	20
B3	0,79 - 0,89	20
PAN	0,61 - 0,68	10
SPOT 5 sensor HRVIR		
B1	0,50 - 0,59	20
B2	0,61 - 0,68	20
B3	0,79 - 0,89	20
PAN	0,48 - 0,71	2,5
SPOT 4 e 5 sensor Vegetation		
B0	0,43 - 0,47	1,15 km
B2	0,61 - 0,68	1,15 km
B3	0,78 - 0,89	1,15 km

Figura 8.6 - Quadro com as principais características dos sensores SPOT.

## PROGRAMA CBERS

O programa de cooperação técnica realizado entre o Brasil e a China para atuarem em conjunto na área espacial, coloca o Brasil como país fornecedor de imagens de satélite. O programa CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) teve o primeiro satélite colocado em órbita em 14 de outubro de 1999. Em 2009 foi lançado o CBERS – 2B, com sensor de alta resolução espacial disponibilizando gratuitamente imagens com resolução espacial de 2,7 metros. A órbita do satélite CBERS é heliossíncrona, estando a uma altitude de 778 km, com inclinação de  $98,504^\circ$  e com ciclo de repetição de 26 dias (Figura 8.7).

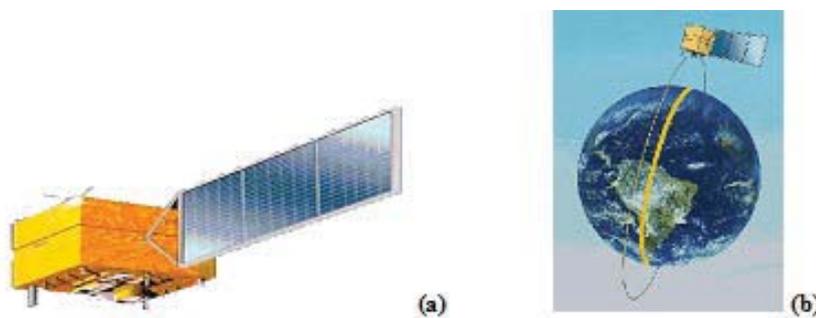


Figura 8.7 - Satélite CBERS (a) e sua órbita (b).

O satélite CBERS possui três sistemas sensores, sendo uma câmara CCD (*Couple Chargel Device*), um varredor multiespectral infravermelho IR-MSS (*Infrared Multispectral Scanner*) e um sensor de visada larga WFI (*Wide Field Imager*).

A câmara digital CCD é de alta resolução espacial (20 metros), onde cada pixel corresponde a uma área de 400 m<sup>2</sup> e cada imagem recobre no terreno uma área de 113 x 113 km<sup>2</sup>. A câmara CCD possui visada lateral de até  $32^\circ$ , semelhante ao sensor HRV do satélite SPOT, possibilitando fornecer imagens com recobrimento lateral para obtenção de estereoscopia. A CCD possui três canais espectrais na região do visível (B1, B2 e B3), um no infravermelho próximo (B4) e um pancromático (B5).

O sensor multiespectral infravermelho IR-MSS recobre no terreno uma área de 120 x 120 km e possui quatro bandas espectrais, sendo três delas com resolução espacial de 80 metros e uma de 160 metros: um pancromático na região do visível e infravermelho próximo, um no infravermelho médio e um infravermelho termal com resolução espacial de 160 metros.

O sensor de visada larga WFI recobre uma faixa no terreno de 890 x 890 km com uma resolução espacial de 260 metros, coletando imagens de uma mesma área em menos de 5 dias. O imageador WFI possui dois canais espectrais, sendo um na região do vermelho e o outro na região do infravermelho próximo (Figura 8.8)..

Canais	Faixa Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial (m)
Câmara CCD de Alta Resolução Espacial		
B1	0,45 – 0,52 (azul)	20
B2	0,52 – 0,59 (verde)	20
B3	0,63 – 0,69 (vermelho)	20
B4	0,77 – 0,89 (IR próximo)	20
B5 - PAN	0,51 – 0,73	20
Imageador Multiespectral IR-MSS		
B6 - PAN	0,50 – 1,10	80
B7	1,55 – 1,75 (IR médio)	80
B8	2,08 – 2,25 (IR médio)	80
B9	10,40 – 12,50 (IR termal)	160
Sensor de Visada Larga WFI		
B10	0,63 – 0,69 (vermelho)	260
B11	0,76 – 0,90 (IR)	260

Figura 8.8 - Quadro com as principais características dos sistemas sensores do CBERS.

## SATÉLITES DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL

A partir de 1999 uma nova geração de satélite de alta resolução espacial começa a imagear a Terra, essa nova geração, iniciada pelo sistema IKONOS, desenvolvido pela Kodak, preenche uma laguna importante no sensoriamento remoto que é o fornecimento de imagens com alta resolução espacial para fins de mapeamento em detalhe e cadastramento de imóveis urbanos. Atualmente, outros três sistemas importantes destacam-se no mercado de imagens de alta resolução espacial: o QUICKBIRD, lançado em 2001, ORBVVIEW lançado em 2003 (renomeado para GEOEYE em 2008) e o WORLDVIEW em 2007.

### IKONOS

O IKONOS é um satélite de alta resolução espacial operado pela Empresa GEOEYE. No ano de 2000 o IKONOS tornou-se o primeiro

Satélite de Observação da Terra a oferecer imagens de alta resolução para uso comercial.

O satélite IKONOS possui órbita síncrona com o Sol a uma altitude de 681 km. A largura da faixa imageada é de 11 quilômetros e a cada 98 minutos completa uma volta em torno da Terra, totalizando 14 órbitas por dia. O sistema IKONOS é composto por quatro bandas multiespectrais com resolução espacial de 4 metros e uma pancromática de 1 metro (Figura 8.9). Outra característica importante deste sistema é que pode ser programado para obter imagens com sobreposição visando a elaboração de Modelos Digitais de Elevação (MDE) ou Modelos Digitais do Terreno (MDT).



Figura 8.9 - Satélite IKONOS (a) e exemplo de imagem com alta resolução de 1 metro (b).

## QUICKBIRD

O sistema QUICKBIRD também projetado para obter imagens de alta resolução espacial, fornece ao mercado imagens com resolução de 61 centímetros no modo pancromático e quatro bandas multiespectrais no visível e infravermelho próximo com resolução de 2,44 metros. A cena do QUICKBIRD recobre uma faixa de 20 a 40 quilômetros (Figura 8.10).

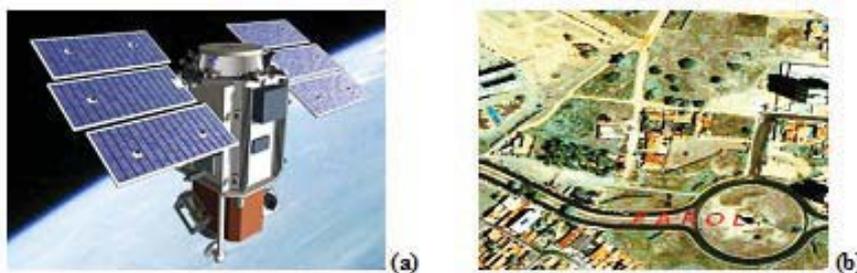


Figura 8.10 - Satélite QUICKBIRD (a) e exemplo de imagem com alta resolução de 61 cm (b).

## ORBVIEW-GEOEYE

Em 2003 é lançado o ORBVIEW-3 com uma banda pancromática de resolução espacial de 1 metro e quatro bandas multiespectrais de 4 metros na região do espectro visível e infravermelho próximo. Os satélites ORB-

VIEW giravam a uma altitude de 470 km em órbita heliossíncrona. A missão ORBVVIEW, foi originalmente responsabilidade da Empresa OrbImage que atuou no desenvolvimento e operação dos quatro primeiros satélites da série.

Em 2006, o controle dos satélites ORBVVIEW passou a ser feito pela empresa GEOEYE (a mesma que administra o sistema IKONOS) que adotou o próprio para designar seus satélites. O satélite GEOEYE-1 foi lançado em setembro de 2008 e alcança 41 cm de resolução espacial no pancromático e 1,6 metros no multiespectral, com fornecimento de imagens direcionado à Companhia Google (Figura 8.11).

Em 2010 foram lançados satélites do sistema WORLDVIEW com resolução espacial bem próxima do GEOEYE, sendo 46 cm no modo pancromático e 1,84 m no multiespectral. Então, mesmo após o lançamento de outros sistemas posteriores, os satélites GEOEYE ainda são os que possuem os sensores com maior resolução espacial do mercado.

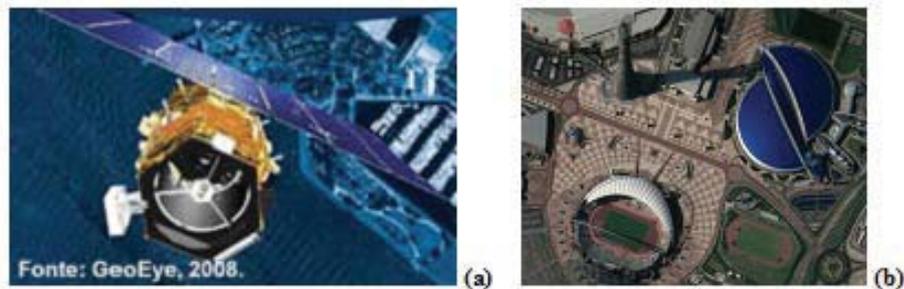


Figura 8.11 - Satélite GeoEye e exemplo de imagem com alta resolução de 41 cm (b).

Na Figura 8.12 apresentamos um quadro resumindo as características dos principais sensores de alta resolução no mercado ao longo dos últimos 10 anos.

Canal	Faixa Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial (m)
IKONOS		
1	0,45 – 0,52	4
2	0,52 – 0,60	4
3	0,63 – 0,69	4
4	0,76 – 0,90	4
PAN	0,45 – 0,90	1
QUICKBIRD		
1	0,45 – 0,52	2,44
2	0,52 – 0,60	2,44
3	0,63 – 0,69	2,44
4	0,76 – 0,89	2,44
PAN	0,45 – 0,90	0,61
GEOEYE		
1	0,45 – 0,52	1,65
2	0,52 – 0,60	1,65
3	0,62 – 0,69	1,65
4	0,76 – 0,90	1,65
PAN	0,45 – 0,90	0,41

Figura 8.12 - Quadro com as principais características dos sensores de alta resolução dos satélites IKONOS, QUICKBIRD e GEOEYE.

## CONCLUSÃO

Objetivando a fornecer dados-imagem da superfície da Terra para um melhor conhecimento do Planeta, os sistemas multiespectrais de sensoriamento remoto, transportados a bordo dos satélites artificiais, registram a energia refletida ou emitida pelos objetos geográficos. Esses sistemas, resultados da tecnologia espacial, da qual o Brasil faz parte, permite que a sociedade tenha acesso a imagens de satélites com as mais variadas características espectrais e com resolução espacial que permitem a identificação de objeto geográfico com até 41 cm.



### RESUMO

Iniciamos a aula vendo que os sistemas sensores de observação da Terra são transportados a bordo dos satélites artificiais e registram a energia refletida ou emitida pelos objetos geográficos, as quais são transformadas em imagens. Vimos também que há um grupo de satélites denominados meteorológicos que orbitam a Terra a uma altitude muito superior aos satélites de imageamento, sendo os principais o GOES e o METEOSAT. Em seguida estudamos um grupo de satélites de imageamento enquadrado como de média e baixa resolução sendo os principais o LANDSAT e o SPOT, além do CBERS que é um sistema brasileiro em convênio com a China. Por fim estudamos que a partir do ano de 2000 surgiram os satélites de alta resolução, sendo os que mais se destacaram foram o IKONOS com resolução espacial de até 1 metro e o QUICKBIRD com 61 cm. Atualmente o sistema de maior resolução é o GEOEYE lançado em 2008 com capacidade de distinguir objetos de até 41 x 41 cm



### ATIVIDADES

1. Consultando a Internet adquiram exemplos de imagens dos sistemas de média e baixa resolução LANDSAT, SPOT e CBERS e também de alta resolução IKONOS, QUICKBIRD e GEOEYE, de alguma parte do território brasileiro.
2. Propor um estudo para o mapeamento de uma área utilizando imagem de satélite. Em seguida justifique a escolha do (o) sistema(s) sensor(es) com base no objetivo proposto.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

A primeira atividade é importante para que você revise as principais características dos satélites de alta, média e baixa resolução e compare as possibilidades de produzir mapeamentos a partir das mesmas. A situação proposta na segunda atividade é bastante corriqueira nos estudos geográficos, seja em empresa privadas ou particulares, ou mesmo, para estudos acadêmicos. A determinação e clareza do objetivo vão possibilitar determinar as características espaciais e espectrais do(s) sensor(es) do satélite a ser escolhido. Não se esqueça de comparar os preços. Sugestão de sites: [www.engesat.com.br](http://www.engesat.com.br); [www.inpe.br](http://www.inpe.br); [www.spotimage.fr](http://www.spotimage.fr); [WWW.spaceimage.com](http://WWW.spaceimage.com); [www.sat.cnpm.embrapa.br](http://www.sat.cnpm.embrapa.br). Este último site é denominado “Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial” e fornece também um resumo dos principais sistemas sensores existentes, além de possibilidades de aplicações.

## PRÓXIMA AULA

Na próxima aula iremos estudar o comportamento espectral dos alvos geográficos.



## AUTO-AVALIAÇÃO

- Conheci as características dos principais programas que utilizam satélites para aquisição de imagens da Terra?



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, José Bittencourt. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998, 258p.
- CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2003
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. Madrid: Rialp, S.A. 1990
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- KUX, H; BLASCHKE, T. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: Novos Sistemas Sensores e Métodos Inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005
- LOCH, Carlos, LAPOLLI, Édis Maфра. **Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática**. Florianópolis: UFSC, 1998, 104p.
- LOCH, Carlos. **A interpretação de Imagens Aéreas – Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais**. Florianópolis: UFSC, 2001, 118p.
- MARCHETTI, Delmar Antonio Bandeira; GARCIA, Gilberto José. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, [s.d.].
- MENESES, P.R.; NETTO, J.S.M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília: UNB, 2001
- MORAES, Elisabete Caria de. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Cap. 1. São José dos Campos: INPE, 2002.
- PONZONI, F.G.; SHIMABUKURU, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.
- ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar, Cap.6**. Petrópolis: SERMOGRAF, 2002, 220p.

SEPLANTEC/SE. **Fotografias aéreas – escala 1:25.000**, 2003.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Interpretação de Imagens da Terra**. Belo Horizonte: Departamento de Cartografia – Centro de Sensoriamento Remoto, 2000, 17p.

TEIXEIRA Amando Luís de Almeida, CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Sistemas de Informação Geográfica – Dicionário Ilustrado**. São Paulo: HUCITEC, 1997, 244p.

### REFERÊNCIAS DAS IMAGENS

Figura 8.9 – Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/IKONOS.htm>.

Figura 8.10 – Fontes: <http://www.digitalglobe.com/index.php/85/QUICKBIRD> e SEPLAN/PMA, 2003.

Figura 8.11 – Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/geoeye.htm>.