



## Uso de Diferentes Sensores de Satélite na Discriminação de Alvos Naturais

### Use of Different Satellite Sensors on Discrimination of Natural Targets

Gustavo Ferreira de Souza<sup>1</sup>; Lorena Avelina Rojas Gutierrez<sup>2</sup>; Ademir Paceli Barbassa<sup>1</sup>;  
Luciana Escalante Pereira<sup>3</sup>; Anny Keli Aparecida Alves Cândido<sup>3</sup>; José Marcato Júnior<sup>3</sup>;  
José Renato Silva de Oliveira<sup>3</sup> & Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.  
Rodovia Washington Luiz, Km 235, 13560-970, São Carlos, São Paulo

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia, Bloco 1, 4º andar. Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais.  
Cidade Universitária, Unidade 7A, 78720-100, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

E-mails: [gustavosalomoni@gmail.com](mailto:gustavosalomoni@gmail.com); [lorenavelina@gmail.com](mailto:lorenavelina@gmail.com); [barbassa@ufscar.br](mailto:barbassa@ufscar.br); [l.escalante.pereira@gmail.com](mailto:l.escalante.pereira@gmail.com);  
[anny.keli@hotmail.com](mailto:anny.keli@hotmail.com); [jrmarcato@gmail.com](mailto:jrmarcato@gmail.com); [j.reenatoo@gmail.com](mailto:j.reenatoo@gmail.com); [antonio.paranhos@pq.cnpq.br](mailto:antonio.paranhos@pq.cnpq.br)

Recebido em: 22/07/2015 Aprovado em: 04/12/2015

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2016\\_1\\_13\\_22](http://dx.doi.org/10.11137/2016_1_13_22)

#### Resumo

As particularidades nos instrumentos de sensoriamento remoto, mesmo quando possuem características semelhantes, torna as imagens geradas por estes, diferentes entre si. Visando isto, o objetivo do trabalho foi analisar a aplicabilidade e os limites de detecção na identificação de alvos naturais em diferentes imagens de satélites. A área de estudo está localizada no Estado de São Paulo dentro do Município de Onda Verde, os alvos naturais foram selecionados a partir de análises realizadas nas imagens e visita desses pontos em campo. Foram escolhidas áreas que apresentaram bom contraste com o entorno e fácil localização nas imagens de satélite. Para o processamento digital de imagem foi utilizado o *software* livre gvSIG. Neste estudo foram empregados dados de satélites de média resolução espacial como Landsat-5, CBERS-2B e IRS-P6, disponíveis na base de dados de domínio público do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e imagens de alta resolução espacial dos satélites RapidEye e WorldView-2. Nos sensores de média resolução espacial, as menores resoluções espaciais dos sensores TM e LISS-3, não impediram a visualização dos alvos espectrais analisados, visto que, no CCD que possui uma maior resolução espacial, não foi possível a identificação dos alvos escolhidos. As imagens de alta resolução espacial RapidEye e WorldView apresentaram grande riqueza de detalhamento para a cobertura do solo, a isto atrela-se a alta resolução radiométrica desses satélites.

**Palavras-chave:** Onda Verde; sensoriamento remoto; geotecnologias; imagens orbitais

#### Abstract

The particularities of the remote sensing instruments, even when they have the same characteristics, made the images generated, different among themselves. With that in mind, the goals of this work were to analyze the applicability and the limits of detection in the identification of natural targets in different satellite images. The area of study is located in Onda Verde in the state of São Paulo. The natural targets were selected from the analyses taken of the images and in the field trip. The images chosen presented the best contrast with the surroundings and easy to locate in the satellite images. For the digital processing of them the free software gvSIG was used. In this study, data of the mean spatial resolution satellite images were used such as Landsat-5, CBERS-2B e IRS-P6, available in the public domain database of the INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) and images of high spatial resolution of the satellites RapidEye and WorldView-2. In the mean spatial resolution sensors, the smallest spatial resolutions of the TM and LISS-3 sensors didn't interfered the visualization of the spectral targets analyzed, since the CCD have the higher spatial resolution, it wasn't possible the identification of the selected targets. The high spatial resolution images RapidEye and WorldView-2 showed great levels of details for the land cover, hence the high radiometric resolution of these satellites.

**Keywords:** Onda Verde city; remote sensing; geotechnologies; orbital images

## 1 Introdução

As geotecnologias compõem uma lista de ferramentas muito difundida nos dias atuais, o que possibilita aplicação em todas as áreas do conhecimento científico e de mercado, gerando informações variadas, em grandes volumes e curto período de tempo.

Há vários tipos de dados digitais disponíveis, dentre eles, imagens orbitais com diferentes resoluções espaciais, radiométricas, temporais e espectrais obtidas por sensores voltados à aplicação em diferentes estudos e levantamentos. Os dados de sensores remotos precisam ser analisados para possibilitar a extração de informações necessárias ao planejamento, manejo e monitoramento dos recursos. Essa análise torna-se viável pelo fato das superfícies naturais, como vegetação, a água e o solo descoberto refletirem diferentes proporções de energia ao longo do espectro eletromagnético, os quais podem, portanto, ser usados para identificá-los (Jensen, 2009).

As técnicas de Sensoriamento Remoto se fundamentam em um processo de interação entre a Radiação Eletromagnética (REM) e os diferentes objetos que se pretendem estudar. A aplicação dessas técnicas é viabilizada através do cumprimento de diversas etapas que incluem a interação em si, caracterizada principalmente pelo fenômeno de reflexão da radiação, a coleta de dados e seu registro através de um sensor e a análise desses dados com o objetivo de extrair as informações pretendidas de um dado objeto (Ponzoni & Shimabukuro, 2007).

Como menciona Di Maio (2008), para se extrair informações a partir de dados de sensoriamento remoto é fundamental o conhecimento do comportamento espectral dos objetos da superfície da terra e dos fatores que interferem neste comportamento.

Ainda neste sentido, Marques (2006) relata que a utilização adequada dos elementos de interpretação permite a extração de inúmeras informações de objetos, áreas ou fenômenos representados nas imagens, relacionados principalmente aos aspectos físicos da superfície terrestre e a identificação de seus problemas ambientais.

Sabe-se, entretanto, que os dados de satélites possuem formatos variados e os SIGs possuem inúmeras ferramentas com alta tecnologia agregadas

o que requer maior conhecimento do profissional sobre as ferramentas, sensores e imagens de satélites a serem empregadas na pesquisa.

Os avanços tecnológicos em sensoriamento remoto proporcionaram melhorias nas grandezas físicas dos sensores, contribuindo para as análises espacial e temporal: as resoluções espaciais evoluíram 80 vezes de 1972 (satélite Landsat-1, 80 m) até 2008 (satélite GeoEye, 0,41 m), enquanto que as resoluções temporais evoluíram de 18 dias (satélite Landsat-1) para até 3 dias no máximo (satélite GeoEye).

De acordo com Paranhos Filho *et al.* (2008) o que difere uma imagem de satélite de outra é o tipo de sensor utilizado em sua obtenção. As características distintas de cada sensor fazem com que as mesmas possuam particularidades em relação à resolução espectral, espacial, radiométrica e temporal. Essas características distintas e os comportamentos específicos dos alvos ao longo do espectro eletromagnético é o que possibilita a identificação de diferentes feições em uma imagem (Jensen, 2009). Nesse contexto o objetivo do trabalho foi analisar a aplicabilidade e os limites de detecção das imagens dos sensores TM, HRC, CCD, LISS-3, REIS, WorldView-2, na identificação de alvos naturais.

## 2 Materiais e Métodos

A área de estudo esta localizada no Estado de São Paulo, inserida dentro do Município de Onda Verde (Figura 1). O município possui uma área de 242.308 km<sup>2</sup> e população de 3884 habitantes e está inserido em dois biomas Cerrado e Mata Atlântica (IBGE, 2015). Os dois alvos naturais analisados foram escolhidos em campo e posteriormente selecionados nas imagens de satélite. Consideraram-se alvos naturais, elementos que compõe a paisagem que sejam de fácil identificação tanto em campo como nas imagens de satélite.

### 2.1 Satélites e Sensores

Neste estudo foram utilizados dados de satélites de média resolução espacial como Landsat-5, CBERS-2B e IRS-P6, disponíveis na base de dados de domínio público do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e imagens de alta resolução espacial dos satélites RapidEye, WorldView-2 que

### Uso de Diferentes Sensores de Satélite na Discriminação de Alvos Naturais

Gustavo Ferreira de Souza; Lorena Avelina Rojas Gutierrez; Ademir Paceli Barbassa; Luciana Escalante Pereira; Anny Keli Aparecida Alves Cândido; José Marcato Júnior; José Renato Silva de Oliveira & Antonio Conceição Paranhos Filho

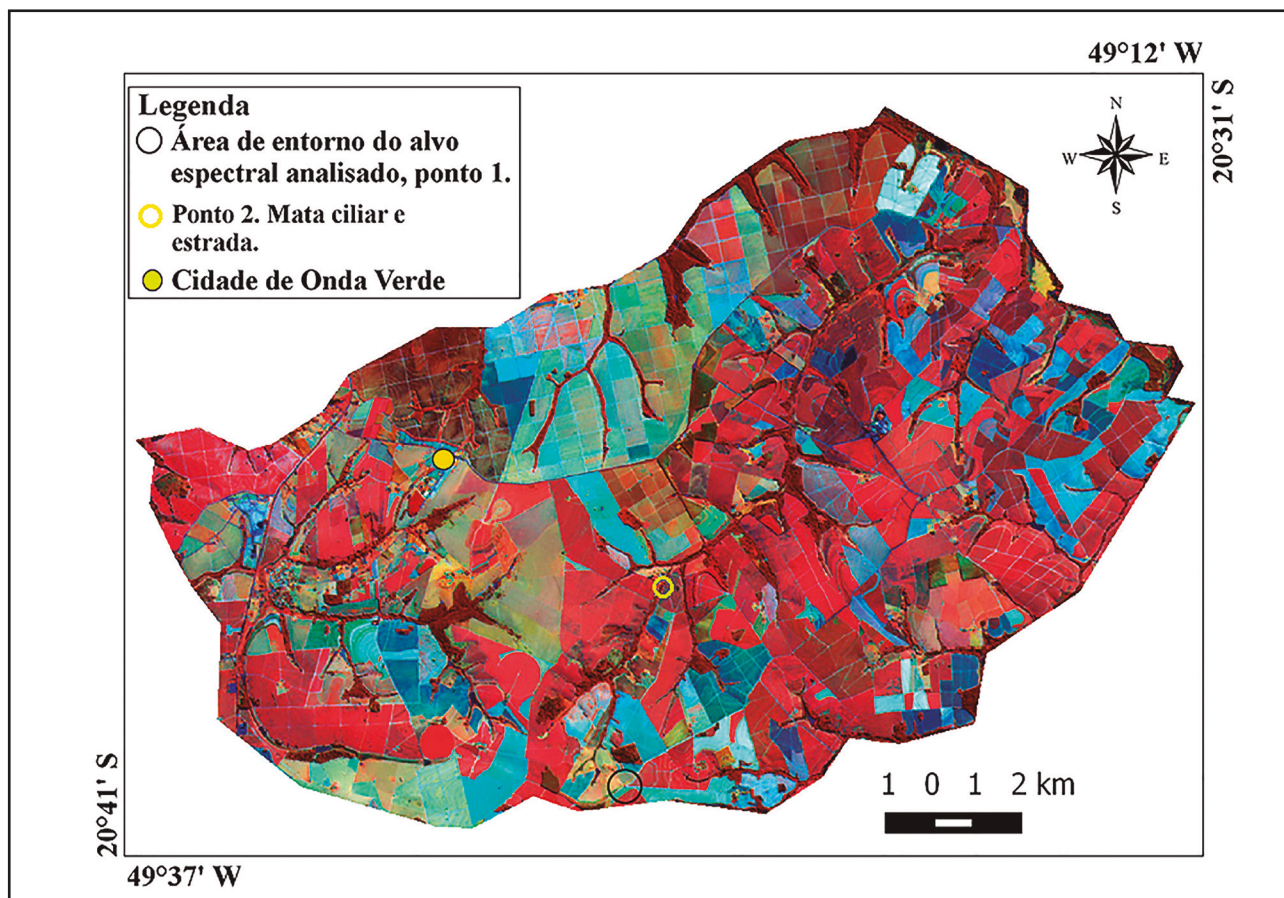


Figura 1 Município de Onda Verde – SP. Imagem do satélite ResourceSat-1, sensor LISS-3, composição falsa cor R3G2B4, 2010.

são comercializadas e a compra é realizada por km<sup>2</sup> de imagem. Algumas informações sobre os sensores utilizados estão na Tabela 1.

O primeiro satélite Landsat foi lançado em 1972 e o mais recente em 2013. O sensor TM do satélite Landsat-5 possui sete bandas espectrais, a resolução temporal é de 16 dias e a espacial é de 30 m para as Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 e de 120 m para banda 6, cada cena abrange uma área de 185 x185 km (INPE, 2015 b).

A primeira geração de séries do satélite CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) – CBERS-1, CBERS-2, CBERS-2B – possui vários sensores (WFI, *Wide-Field Imager*; CCD, *Charge-Coupled Device*; IRMSS, *Infrared Multispectral Scanner*; HRC, *High Resolution Camera*; PAN, *Panchromatic and Multispectral Camera*; MUX, *Multispectral Camera*; IRS, *Infrared System*) com alto potencial para atender diversas aplicações. Os sensores CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução) possuem resolução espacial de 20 metros

e temporal de 16 dias, campo de visada de 120 km e cinco bandas espectrais sendo elas: Azul (0,45 – 0,52 µm), Verde (0,52 – 0,59 µm), Vermelho (0,63 – 0,69 µm), Infravermelho Próximo (0,77 – 0,89 µm) e uma pancromática (0,51 – 0,73 µm). Já o sensor HRC é uma Câmera Pancromática de Resolução,

Satélites / Sensores	Resolução Espacial	Resolução Espectral	Resolução Radiométrica
Landsat-5 / TM	30 m	7 faixas espectrais	8 bits
CBERS-2B / HRC	2,7 m	1 faixa espectral	8 bits
CBERS-2B / CCD	20m	5 faixas espectrais	8 bits
IRS-P6 / LISS-3	23,5 m	4 faixas espectrais	7 bits
RapidEye / REIS	5 m	5 faixas espectrais	12 bits
WorldView-2 / WorldView-2	1,85m	8 faixas espectrais	11 bits

Tabela 1 Informações sobre resoluções espacial, espectral e radiométrica dos sensores utilizados.

possui resolução espacial de 2,7 e temporal de 130 dias (INPE, 2015 a).

Os sensores chamados REIS (*RapidEye Earth Imaging System*), foram instalados nos cinco satélites RapidEye e obtêm imagens da Terra em cinco faixas espectrais: Azul (440 – 510 nm), Verde (520 – 590 nm), Vermelho (630 – 685 nm), Red-Edge (690 – 730 nm), sensível a alterações do teor de clorofila das plantas) e Infravermelho Próximo (760 – 850 nm). A resolução espacial é de 6,5 m e 5 m nas ortoimagens. A resolução radiométrica é de 12 bits (Black Bridge, 2015).

O sistema WorldView-2 é capaz de recolher até 975.000 km<sup>2</sup> de dados por dia em uma resolução pancromática (450 – 800 nm) de aproximadamente 0,5 m e no multiespectral de aproximadamente 2 m, além de incorporar quatro bandas multiespectrais clássicas (vermelho (630 – 690 nm), azul (450 – 510 nm), verde (510 – 580 nm) e infravermelho próximo (770 – 895 nm) e também incluir quatro novas bandas: litoral (400 – 450 nm), amarelo (585 – 625 nm), vermelho borda (705 – 745 nm) e infravermelho próximo-2 (860 – 1040 nm) (GlobalGeo, 2011).

O IRS-P6 é um satélite indiano, também conhecido como ResourceSat-1, conta com três sensores a bordo: LISS-3 (*Linear Imaging and Self Scanning*), AWiFS (*Advanced Wide Field*) e LISS-4. Segundo a *National Remote Sensing Agency* (NRSA, 2003), o sensor LISS-3 utilizado neste trabalho possui resolução espacial de 23,5 m, é uma câmera multiespectral operando em 4 bandas, três no canal do visível e uma no infravermelho, na região do infravermelho próximo.

## 2.2 Processamento dos Dados

As imagens orbitais, inicialmente, foram obtidas no referencial do sensor, as quais, posteriormente, foram georreferenciadas por seus fornecedores. Para não haver perda de informações espectrais, adota-se, em geral, nesse processo o método de interpolação baseado no vizinho mais próximo. As imagens georreferenciadas foram importadas no software gvSIG 1.10 (Oxford Archaeology & University of Bern, 2010), considerando a projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*) zona 22S, e o referencial WGS 84 (*World Geodetic System 1984*).

As imagens de média resolução embora sejam georreferenciadas, apresentam deslocamentos posicionais. Dessa forma aplicou-se a correção geométrica dessas imagens, com o software gvSIG e adotando como referência as imagens Landsat-7, ortorretificadas e processadas pelo projeto *GEOCOVERT* da NASA, disponíveis na página do *Global Land Cover Facility* (GLCF, 2000). Nessa etapa utilizou-se uma distribuição homogênea dos pontos de controle e o erro médio foi mantido abaixo de 1 pixel. Em relação às imagens de alta resolução espacial as mesmas já foram adquiridas ortorretificadas e, portanto não passaram por qualquer tipo de correção geométrica.

Em seguida foram realizadas as composições falsa cor das bandas espectrais das imagens de satélite. Para a padronização das áreas foram feitos recortes nas imagens de satélites de média resolução espacial, pois as mesmas abrangiam uma área muito maior que as dos satélites de alta resolução espacial RapidEye e WorldView-2.

O próximo passo foi realizar a detecção de alvos, pois, dependendo do tipo de alvo na superfície e do tipo de imagem é possível identificar e mapear alvos além da capacidade espacial da imagem. Para isso, não existe um método único, a variação na detecção de alvos é de uma área para outra, ou seja, o mesmo alvo pode ser identificado em uma área e na outra não. Assim, analisando a possibilidade de mapeamento além da capacidade da resolução espacial, foram identificados e relacionados os tipos de alvos e a capacidade de identificação das imagens.

Nessa etapa foi avaliado, a resolução espacial e o comportamento espectral do alvo nos diferentes sensores. Para tal foi necessário realizar um pré-processamento digital das imagens (PDI), baseado em algoritmos de realce, filtros, combinações de bandas espectrais, fusão, além do controle visual do operador.

Após o PDI iniciou-se o processo de identificação e mapeamento dos indicadores de modo não-automático. Para validação dos alvos, deslocou-se até a área de estudo para atividades de campo.

Para identificação dos alvos em campo, utilizou-se o receptor GNSS, GPS Garmin Etrex 30, que tem como um dos seus inúmeros recursos

o acesso às imagens de alta resolução do satélite *Birdseye* que possibilitou encontrar rapidamente os alvos de interesse no campo. E para coleta de pontos de controle e navegação foi utilizado o receptor GNSS da marca Trimble Juno SA que permite navegação com imagens de satélite e arquivos vetoriais carregados no plano de fundo da tela do aparelho.

Em campo registraram-se os locais de interesse com receptor GNSS e máquina fotográfica e mediram-se a distância, o tamanho e as características físicas de alvos terrestres, por meio de uma trena tradicional de 50 m.

Posteriormente compararam-se os dados obtidos no campo com as imagens, analisando o tamanho, forma, textura, localização geográfica, padrão e cor dos alvos terrestres.

### 3 Resultados e Discussões

Em julho de 2011 foram visitados mais de 90 pontos em campo, destes, foram selecionados 2 pontos, onde puderam ser analisadas diferentes fisionomias na paisagem que permitem identificar facilmente os alvos naturais selecionados. No primeiro ponto, registrou-se em campo uma árvore de grande porte com uma copa de aproximadamente 970 m<sup>2</sup>, estradas e áreas cultivadas (Figura 2). Já no ponto 2, há um fragmento de mata ciliar,

interrompido em uma certa altura por uma ponte e circundado por áreas cultivadas (Figura 3).

As imagens dos satélites comerciais utilizadas no estudo apresentam alta resolução espacial e radiométrica. Segundo Jensen (2009) a alta resolução radiométrica geralmente aumenta a probabilidade de que os fenômenos sejam avaliados com maior exatidão pelas técnicas de sensoriamento remoto.

A alta resolução espacial atrelado a resolução radiométrica das imagens permite boa distinção entre os objetos na superfície terrestre. Isso pode ser notado observando a Figura 2, onde a resolução espacial de 46 cm do WorldView-2 possibilita a distinção entre copa da árvore e a sombra. Outro fator relevante são os 11 bits de resolução radiométrica que, combinada com a técnica de realce espacial ou também chamada fusão de imagens, gera uma cena com grande riqueza de detalhamento. A técnica de realce espacial é de grande valia dentro da ciência de sensoriamento remoto, França & Sano (2011) relatam que essa técnica permite integrar a maior resolução espacial da banda pancromática a maior resolução espectral das demais bandas, gerando uma composição colorida da imagem que reúne ambas as características. Entretanto, no realce espacial, as imagens precisam passar por interpolação dos pixels e envolve bandas com resoluções espaciais diferentes o que resulta em

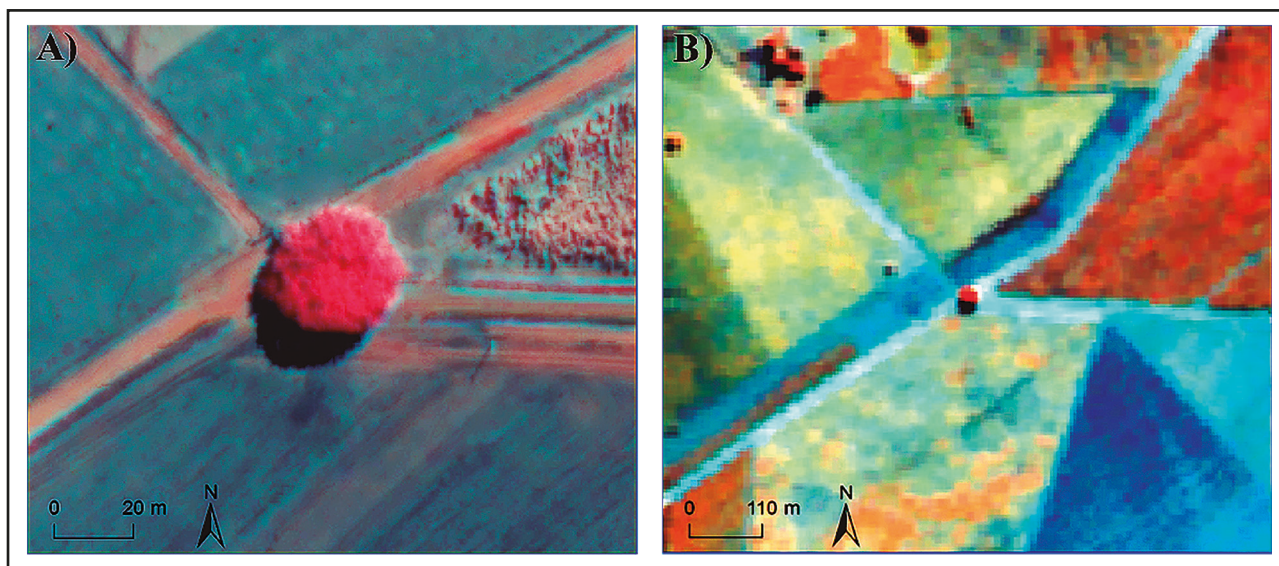


Figura 2 Imagens do primeiro alvo natural analisado: árvore com copa de aproximadamente 970 m<sup>2</sup>. Figura 2A, imagem do satélite WorldView-2 com resolução espacial de 46 cm de 29 de junho de 2011 e composição colorida R4G3B2. Figura 2B, Imagem do satélite RapidEye, sensor REIS (*RapidEye Earth Imaging System*) de 18 de junho de 2010, resolução espacial de 5 m e composição colorida de R5G4B3.

imagens com valores de pixels originais alterados (Paranhos Filho *et al.*, 2008).

As imagens da Figura 2 são produtos de satélites comerciais e estão entre o grupo de satélites que proporcionam imagens de alta resolução espacial. A resolução radiométrica do RapidEye possibilita um maior recurso de tonalidades de cores na resposta espectral dos objetos. Enquanto, a alta resolução espacial do WorldView gera mais riqueza de detalhamento de um mesmo objeto.

Tendo como base a medida de 970 m<sup>2</sup> para a copa da árvore, o WorldView foi o que apresentou a mensuração mais próxima disso, sendo medidos sobre a imagem do satélite uma copa de aproximadamente 906 m<sup>2</sup>, contra 815 m<sup>2</sup> mensurados no RapidEye.

Por outro lado, a imagem RapidEye que tem uma resolução espacial de 5m, menor que a WorldView, possui maior contraste entre as diferentes coberturas do solo, como pode ser observado nas figuras 2B e 3B. Como cada sensor apresenta características próprias, o mesmo cenário pode alterar significativamente de um sensor para outro. A singularidade de contraste nas imagens é um exemplo disso.

Salienta-se que a resolução radiométrica do RapidEye é de 12 bits, sendo maior que a do WorldView, são 4.096 níveis de cinza possíveis para RapidEye e 2.048 para a WorldView.

O fato de o RapidEye possuir menor resolução espacial que o WorldView, não representa uma inferioridade ao instrumento. Se o objeto de interesse do estudo fosse a agricultura, por exemplo, as imagens RapidEye poderiam fornecer mais informações, devido a riqueza no detalhamento das diferentes coberturas do solo. O fato de possuir duas bandas espectrais no canal do infravermelho torna a variação de detalhes mais significativa, subsidiando a diferenciação de diversos alvos, a exemplo as áreas agrícolas que pode ser facilmente identificada na Figura 3.

Uma vantagem apresentada pela imagem RapidEye é a disponibilidade de bandas espectrais com a mesma resolução espacial. Tanto a banda Pancromática quanto as multiespectrais são fornecidas com a mesma resolução espacial. Essa característica torna a técnica de realce espacial desnecessária para este sensor.

O CBERS-2B faz parte de um projeto que inovou ao disponibilizar imagens de alta resolução espacial de forma gratuita. Foram utilizadas imagens de dois sensores que integram o satélite: HRC e CCD. O sensor HRC representa a câmera de alta resolução espacial, enquanto as imagens CCD são de média resolução. As imagens HRC e CCD dos alvos naturais 1 e 2, são apresentadas na Figura 4.

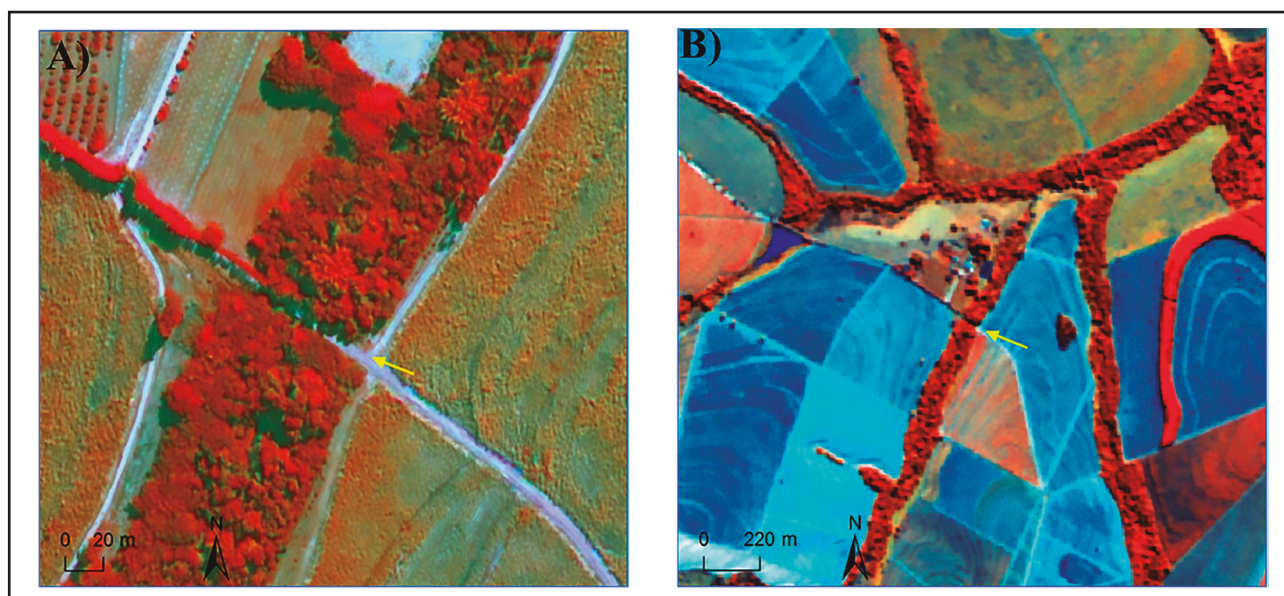


Figura 3 Imagens do segundo alvo natural analisado. Em 3A, imagem do satélite WorldView-2 e em 3B, imagem do satélite RapidEye. A área apontada nas imagens destaca uma região de Área de Preservação Permanente (APP), com foco para a resposta espectral da estrada. Por conta da escala utilizada, é possível examinar as diferenças espectrais apresentadas pela área agrícola na imagem RapidEye.

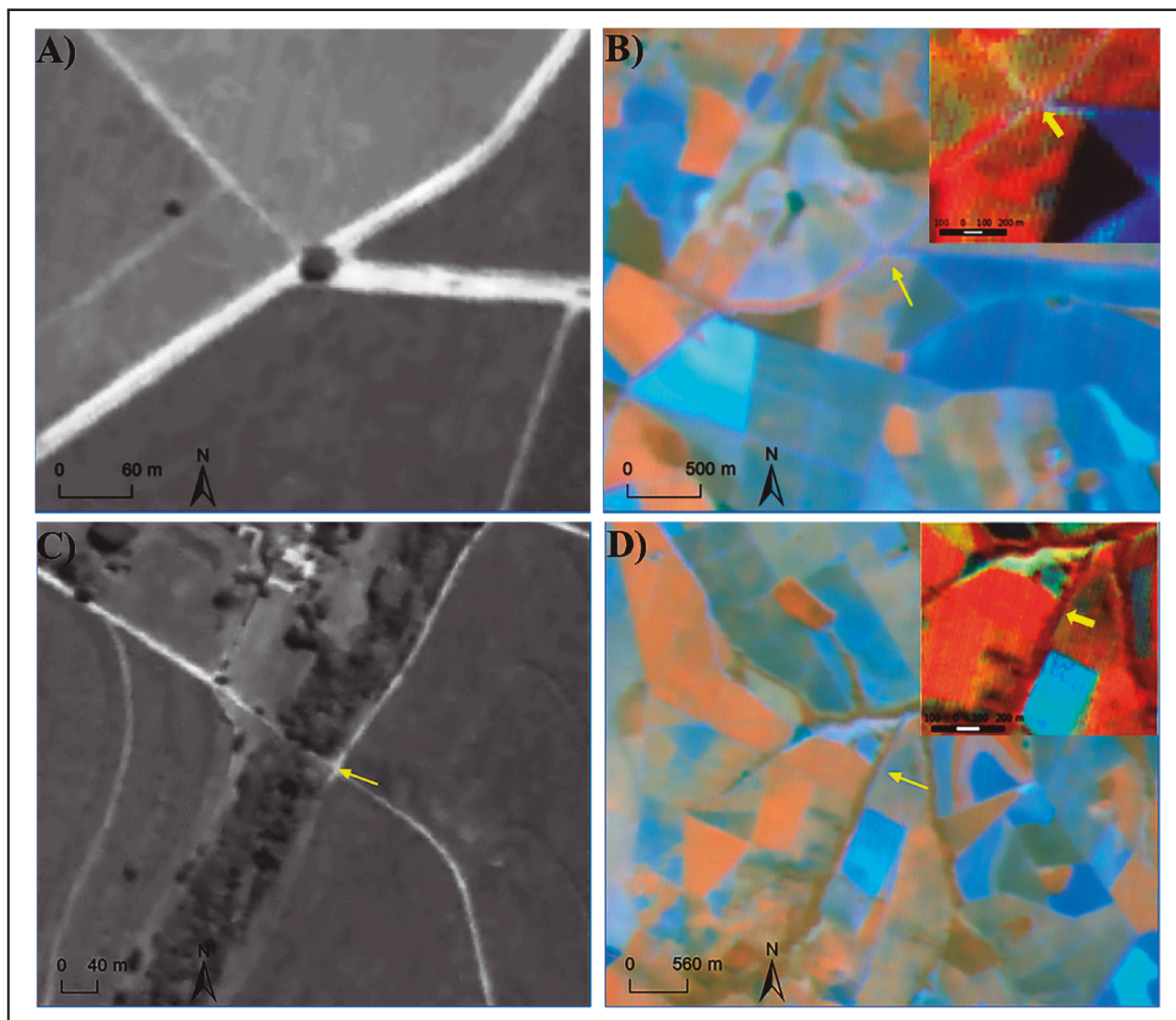


Figura 4 A Figura 4 possui imagens do satélite CBERS-2B, sensores HRC e CCD. A seta amarela aponta os alvos naturais de maior interesse para interpretação. Em (A), alvo natural 1 há uma imagem do satélite CBERS-2B, sensor HRC, banda pancromática, resolução espacial de 2,5 m. Em (B), alvo natural 1, imagem satélite CBERS-2B, sensor CCD, composição falsa cor R4G2B3, resolução espacial de 20 m. Em (C), Sensor HRC, alvo natural 2, destaque para a estrada. E em (D) Sensor CCD, alvo natural 2 com a seta indicando a área onde a estrada corta a APP.

Na imagem CCD, não foi possível distinguir a árvore (Figura 4B) e nem a estrada (Figura 4D). Já na imagem HRC foi possível distinguir os alvos naturais (Figuras 4A e 4C) devido a alta resolução espacial da imagem e o posicionamento da mesma em relação ao entorno.

A alta resolução espacial do HRC combinado com o entorno do alvo analisado, resulta em boa visualização da árvore, sendo possível diferenciá-la dos outros objetos. A fácil identificação da árvore é condicionada pela localização da mesma, que está circundada por solo sem vegetação, representado

pela estrada (Figura 4A). O HRC representa uma imagem com apenas uma banda, por isso, é possível constatar no ponto 2 que não é possível identificar grandes detalhes nas classes “vegetação nativa” e “área agrícola” (Figura 4C).

Os sensores do CBERS-2B possuem resolução radiométrica de 8 bits, ou seja, pode gerar imagens com até 256 níveis de cinza. A imagem CCD tem 20m de resolução espacial, o que não é suficiente para possibilitar a discriminação do alvo analisado. No ponto 1, ao considerar a imagem CCD, é possível identificar a estrada, mas não a árvore (Figura

### Uso de Diferentes Sensores de Satélite na Discriminação de Alvos Naturais

Gustavo Ferreira de Souza; Lorena Avelina Rojas Gutierrez; Ademir Paceli Barbassa; Luciana Escalante Pereira; Anny Keli Aparecida Alves Cândido; José Marcato Júnior; José Renato Silva de Oliveira & Antonio Conceição Paranhos Filho

4B). Nota-se que há dificuldade em discriminar os diferentes estágios da vegetação, o que se dá em função deste sensor apresentar problemas de interferência de energia eletromagnética entre os pixels, o que provoca um efeito de perda de foco. Já no ponto 2, é possível identificar o fragmento de mata ciliar, mas não a estrada que corta o mesmo (Figura 4D), percebe-se também pouca mudança na vegetação.

A estrada é um alvo onde a refletância é muito alta em todas as bandas, isso promove um destaque do alvo, pois o pixel é dominado pelo

alvo com maior refletância. Isto também pode ser notado nas imagens do IRS-P6 e Landsat-5, como mostrado na Figura 5.

Dentre os sensores de média resolução espacial utilizadas no estudo, o CCD é o de maior resolução. No entanto, como pode ser observado na Figura 6, não se pode determinar o que vai aparecer na imagem somente pela resolução espacial de um sensor, é necessário analisar também outros fatores como a resolução radiométrica, as bandas espectrais, a composição colorida, a escala entre outros componentes que são fundamentais para a discriminação de um alvo na superfície terrestre.

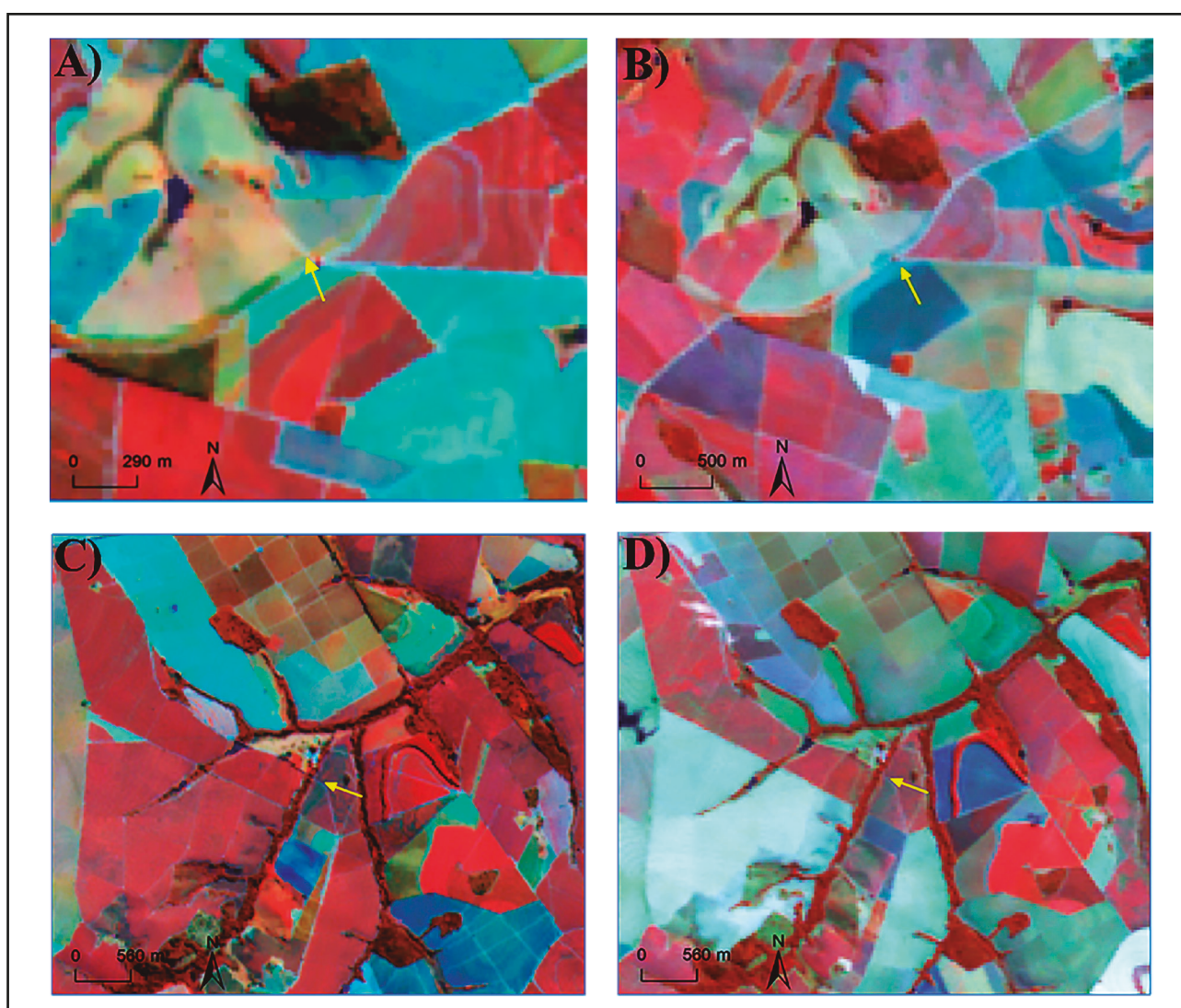


Figura 5 Imagens multiespectrais de média resolução espacial, representada pelos sensores LISS-3 e TM. Em (A), alvo natural 1, imagem do satélite ResourceSat-1 (IRS-P6), sensor LISS-3, resolução espacial de 23m. Composição colorida R3G4B2. Imagem datada do dia 05 de julho de 2012. (B) Alvo Natural 1, imagem do satélite Landsat-5, sensor TM, resolução espacial de 30m. Composição colorida R4G3B5. (C) Alvo natural 2, imagem do satélite IRS-P6, sensor LISS-3, estrada que corta o fragmento de mata ciliar identificada com pouca nitidez. (D) Alvo natural 2, imagem do satélite Landsat-5, sensor TM. Não foi possível de visualização da estrada que, mede 50 m de comprimento linear no percurso que corta o fragmento florestal.



Observa-se que o LISS-3 além de possuir menor resolução espacial, também possui um nível de detalhamento radiométrico menor, pelo fato de ser uma imagem com 128 bits. No entanto, como é possível visualizar na imagem, apesar de a árvore não aparecer nitidamente, pode-se detectar os píxeis que correspondem à mesma.

Os sensores LISS-3 e TM possuem duas bandas no canal do infravermelho. O infravermelho próximo é a melhor faixa para se distinguir vegetação de outras feições, isso porque esse alvo costuma apresentar grande refletância nessa faixa espectral. A banda do infravermelho médio é sensível ao teor de umidade e a combinação das bandas do infravermelho, resulta em boa visualização do alvo 1, mesmo com uma resolução espacial menor que o CCD.

No sensor TM a árvore aparece um pouco deformada, conforme indicada pela seta em amarelo. Aproximando-se a imagem com zoom é possível observar a árvore em 4 pixels no infravermelho. A resposta em 4 pixels totaliza 3600 m<sup>2</sup>, medidos sobre o sensor TM, bem acima dos 970 m<sup>2</sup>. A estrada que corta o fragmento de mata ciliar, feição com alta resposta espectral, que mede 50 metros de comprimento linear, não foi passível de identificação neste sensor.

#### 4 Conclusão

O desenvolvimento de novas tecnologias permitiu melhorias significativas nos produtos de sensoriamento remoto. Atualmente, é possível trabalhar com imagens que possuem menos de 1m de resolução espacial e resolução temporal inferior a 3 dias, sendo o caso do satélite WorldView-2, utilizado neste trabalho. A resolução espacial, juntamente com a radiométrica e a espectral, são alguns dos aspectos que corroboram para demonstrar a evolução dos produtos na área do sensoriamento remoto, possibilitando uma maior discriminação de alvos. O RapidEye comparando ao Landsat-5, um dos satélites mais aplicados a estudos de cunho ambiental devido sua alta resolução espacial.

A melhoria nas características físicas dos sensores vem contribuindo para o progresso das análises ambientais e outras áreas de conhecimento.

A maior disponibilidade de opções torna os estudos mais específicos, sendo que, o melhor sensor a ser usado vai depender em muito do objetivo do estudo.

As melhores características físicas de um sensor nem sempre refletirá em um melhor produto. É o caso apresentado pelo CCD, por exemplo, sua melhor resolução espacial não foi suficiente para exibir o alvo natural analisado na imagem.

Apesar do sensor LISS-3 não apresentar as melhores características entre os sensores utilizados, suas imagens apresentaram bom aspecto visual, o que condiciona um bom aproveitamento das informações geradas por este. A qualidade das imagens do LISS-3 favorece a um maior estímulo pelo uso dos dados deste sensor.

#### 5 Agradecimentos

Este trabalho teve financiamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, através do Edital MCT/CNP/CT-Hidro/ANA 15/2010, com a participação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no rol de instituições executoras do projeto “Capacitação de agentes gestores ao uso de geotecnologias aplicadas ao gerenciamento de recursos hídricos”.

Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento de uma bolsa de extensão no país (Exp), nível 2, processo nº 370058/2011-9, vinculada ao referido projeto na vigência 2011-2012.

#### 6 Referências

- Black Bridge. 2015. Satellite Imagery Product Specifications: RapidEye satellite Constellation. Versão 6.1. Disponível em: <[http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE\\_Product\\_Specifications\\_ENG.pdf](http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf)>. Acesso em 19 Abr. 2015.
- Di Maio, A.C. 2008. *Conceitos de geoprocessamento: SIG aplicado ao ordenamento territorial municipal*. Niterói, RJ, Ministério das Cidades. Programa Nacional de Capacitação das Cidades. 3ª ed. 79 p.
- DigitalGlobe. 2011. *Imagem orbital multiespectral do satélite WorldView-2. Cena 135149. Canais 1, 2, 3 e 4. De 29 de junho de 2011*. Distribuição DigitalGlobe®, Estados Unidos. CD ROM.

## Uso de Diferentes Sensores de Satélite na Discriminação de Alvos Naturais

Gustavo Ferreira de Souza; Lorena Avelina Rojas Gutierrez; Ademir Paceli Barbassa; Luciana Escalante Pereira; Anny Keli Aparecida Alves Cândido; José Marcato Júnior; José Renato Silva de Oliveira & Antonio Conceição Paranhos Filho

- França, A.M.S. & Sano, E.E. 2011. Mapeamento de áreas de campo limpo úmido no Distrito Federal a partir de fusão de imagens multiespectrais. *Sociedade & Natureza*, 23(2): 197-209.
- GLCF. 2000. Global Land Cover Facility (GLCF). Earth Science Data Interface (ESDI). *Imagem do satélite Landsat-7 ETM+, sensor WRS-2. Ortho, GLS2000. Canais 10, 20, 30, 40, 50, 61, 62, 70 and 80. Órbita 221 Ponto 074. De 14 de maio de 2000.* Maryland, MD, University of Maryland. Disponível em: <<http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 20 junho 2010.
- GlobalGeo. 2011. *WorldView-2*. Disponível em: <[https://www.digitalglobe.com/sites/default/files/DG\\_WorldView2\\_DS\\_PROD.pdf](https://www.digitalglobe.com/sites/default/files/DG_WorldView2_DS_PROD.pdf)>. Acesso em: 15 abril 2015.
- IBGE. 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Cidades. *Informações da cidade de Onda Verde, Estado de São Paulo*. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57\\_PT.php](http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php)>. Acesso em: 13 março 2015.
- INPE. 2008. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens. Catálogo de Imagens. *Imagem do satélite CBERS-2B, sensor HRC. Canal 1, banda pancromática. Órbita 157 Ponto 123. De 10 de maio de 2008.* São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 19 julho 2010.
- INPE. 2009. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens. Catálogo de Imagens. *Imagem do satélite CBERS-2B, sensor CCD. Canais 2, 3 e 4. Órbita 157 Ponto 123. De 29 de agosto de 2009.* São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 2 julho 2010.
- INPE. 2010. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens. Catálogo de Imagens. *Imagem do satélite ResourceSat-1, sensor LISS-3. Canais 2, 3 e 4. Órbita 328 Ponto 092. De 09 de agosto de 2010.* São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 19 julho 2010.
- INPE. 2011. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens. Catálogo de Imagens. *Imagem do satélite Landsat-5, sensor TM. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Órbita 221 Ponto 074. De 24 de julho de 2011.* São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 5 junho 2010.
- INPE. 2015 a. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres: Usos e Aplicações*. São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <[http://www.cbbers.inpe.br/sobre\\_satelite/usuarios\\_aplicacoes.php](http://www.cbbers.inpe.br/sobre_satelite/usuarios_aplicacoes.php)>. Acesso em: 10 julho 2015.
- INPE. 2015 b. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens. *Imagens LANDSAT TM e ETM*. São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS\\_Landsat.php](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_Landsat.php)>. Acesso em: 10 julho 2015.
- Jensen, J.R. 2009. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres*. Tradução José Carlos Neves Epiphânio (Coord.). São José dos Campos, SP, Parêntese. 598 p.
- Marques, W.R. 2006. Interpretação de Imagens de Satélites em Estudos Ambientais. *Ambiência*, 2(2): 281-299.
- NRSC. 2003. National Remote Sensing Agency. *ResourceSat-1 Data User's Handbook*. Department of Space, Govt. of India. Balanagar. 1 ed. Disponível em: <<http://www.nrsc.gov.in/pdf/hresourcesat1.pdf>>. Acesso em: 04 fevereiro 2015.
- Oxford Archaeology & University of Bern, 2010. *gvSIG OADE Oxford Archaeology Digital Edition, version 1.0*. Oxford, UK, Oxford Archaeology; Bern, Switzerland, University of Bern. Available from <<http://oadigital.net/software/gvsigoade/gvsigdownload>>.
- Paranhos Filho, A.C.; Lastoria, G. & Torres, T.G. 2008. *Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias*. Campo Grande, MS, UFMS. 198 p.
- Ponzoni, F.J.; Zullo Junior, J. & Lamparelli, R.A.C. 2008. In-flight absolute calibration of the CBERS-2 CCD sensor data. *Academia Brasileira de Ciências*, 80(2): 373-380.
- Sanches, I.D.; Gurtler, S. & Formaggio, A.R. 2008. Discriminação de variedades de citros em imagens CCD/CBERS-2. *Ciência Rural*, 38(1): 103-108.
- São Paulo (Estado). 2010. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. *Imagens orbitais multiespectrais do satélite RapidEye, sensor REIS. Canais 1, 2, 3, 4 e 5. Cenas correspondentes à abrangência da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 15 (UGRHI-15). De 18 de junho de 2010*. Distribuição RapidEye Image S.A., Alemanha. CD ROM. São Paulo, SP, SMA/CBRN.