

## Análise da distribuição de copas de Araucária (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktz.) a partir da fusão de imagens HRC-CCD/CBERS-2B

Fabio Fernandes Silva<sup>1</sup>  
Emerson Luiz Servello<sup>1</sup>  
Leila Maria Garcia Fonseca<sup>1</sup>  
João Roberto dos Santos<sup>1</sup>  
Tatiana Mora Kuplich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{ fsilva, servello, jrsantos, tmk }@dsr.inpe.br; leila@dpi.inpe.br

<sup>2</sup>Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/ INPE  
Av. Roraima 1000 – 97105-970 – Santa Maria - RS, Brasil  
tmk@dsr.inpe.br

**Abstract.** The Obrophilous Mixing Forest domain, in south Brazil, suffered high deforestation rates due to the exponential growth of agriculture, cattle raising and timber exploration activities. The Araucaria (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktz.) is the most important tree in that Forest and its crown pattern has approximately circular shape. That facilitates its visual interpretation in high resolution images. This paper aims at mapping the Araucaria crown in 409 hectares of Obrophilous Mixing Forest, preserved by the last 50 years, situated on Irati National Forest, Irati and Fernandes Pinheiro, counties of Paraná State, Brazil. High resolution images of IKONOS and CBERS-2B were used in this experiments. Therefore, image processing techniques are commonly used to enhance the visual quality of these images to improve the information extraction in forest management. This study used HSV technique to merge HRC and CCD images acquired from satellite CBERS-2B. Fusion techniques are an important tool in remote sensing because its improved spatial and spectral resolution can facilitate the visual interpretation of the Araucaria crown. After fusion processing, the fused images are enhanced by a high-pass filter and classified through ISOSEG technique. The classification identified occurrences of Araucaria crowns and become possible the crown spatial distribution analysis. The classified image and spatial distribution analysis has shown a good agreement with IKONOS image, which was used as reference. The classification accuracy showed a global performance of 75,3%.

**Palavras-chave:** forest, image fusion, CBERS-2B, floresta, fusão de imagens, CBERS-2B.

### 1. Introdução

A Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktz.) é uma espécie característica da Floresta Ombrófila Mista (FOM), com ocorrência nas regiões sul e sudeste do Brasil. Dada sua importância comercial no início do século XIX ocasionou uma intensa exploração nas florestas naturais no Estado do Paraná, inclusive com leis de incentivo a exploração (Santos e Nogueira, 2007). Atualmente esta é uma espécie protegida por lei no Estado, por meio da Portaria do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) 191/2004, tendo seu corte permitido somente por autorização prévia do órgão ambiental (IAP, 2004).

Quando no estágio adulto, a Araucária possui uma copa de formato quase circular e em florestas naturais preservadas, a quantidade de copas nos estratos superiores pode atingir valores de até 50% (Disperati e Oliveira Filho, 2006). Esse padrão peculiar desenvolvido pela Araucária permite que ela seja de fácil identificação visual em imagens de alta resolução espacial, possibilitando que o monitoramento de áreas e fiscalização de planos de manejo em áreas naturais seja viável.

A disponibilidade de imagens de alta resolução amplia a gama de aplicações e de determinação de alvos naturais na superfície terrestre. O Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-2B), lançado em setembro de 2007, possui uma câmara de alta resolução

espacial (HRC), com resolução espacial nominal de 2,7m. Estas imagens são distribuídas gratuitamente no sítio ([www.dgi.inpe.br/CDRS](http://www.dgi.inpe.br/CDRS)). No entanto, esta imagem possui apenas uma banda espectral pancromática, que abrange a região de 0,50 a 0,80 $\mu$ m. A outra câmara multi-espectral, a bordo do satélite CBERS-2B, é a CCD, com bandas no azul (0,45-0,52 $\mu$ m), verde (0,52-0,59 $\mu$ m), vermelho (0,63-0,69 $\mu$ m) e infravermelho próximo (0,77-0,89 $\mu$ m).

A partir de técnicas de fusão de imagens pode-se gerar produtos híbridos, que combinam informações espectrais (cor) da imagem multi-espectral com os detalhes espaciais da imagem pancromática (Almolins et al., 2007). Com este produto, a interpretação de alvos com maior riqueza de detalhes pode ser realizada com mais facilidade.

Portanto, este trabalho tem como objetivo mapear a ocorrência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kt. em um segmento de FOM localizado na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, Paraná, usando imagens fusionadas do CBERS-2B. A idéia é avaliar o produto híbrido gerado pela fusão de imagens CCD e HRC do CBERS-2B para o mapeamento das copas de Araucárias e a distribuição espacial das mesmas.

## 2. Metodologia

A área de estudos localiza-se na parte central da FLONA de Irati, uma Unidade de Conservação (UC) pertencente ao SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Esta UC com 3.495 ha, dos quais cerca de 1.300 hectares de um fragmento de FOM. Está compreendida entre os paralelos 25°15' e 25°30' S e meridianos 50°30' e 50°45' W, constituindo uma área aproximada de 70.000 ha, dos quais 409 ha representam a área do experimento.

Neste experimento foram utilizadas as seguintes imagens: (1) imagem CCD–CBERS-2B, na órbita/ponto 158/128 e bandas 2 (verde), 3 (vermelho) e 4 (infra-vermelho próximo) e resolução de 20 x 20 m; (2) imagem HRC-CBERS-2B na data de 11/04/2008, e órbita/ponto correspondente a CCD, resolução de 2,5 x 2,5 m, e (3) IKONOS de 29 de dezembro de 2004, em composição 3R4G2B e resolução 1 m, utilizada como referência. As fases de processamento foram realizadas no sistema SPRING 4.3.3.

Primeiramente, as imagens HRC, CCD e IKONOS foram registradas e fusionadas. A fusão de imagens HRC e CCD (2,5 e 20 m, respectivamente), foi obtida pela técnica IHS (Intensity, Hue e Saturation) descrita por (Almolins et al., 2007), onde a banda I, resultante da transformação IHS, é substituída pela banda PAN/HRC, com média e variância equalizadas. A avaliação da qualidade da fusão foi realizada visualmente. Para realçar as feições na imagem fusionada, uma técnica de filtragem passa-altas foi aplicada na imagem. O Filtro usado é um filtro 4x4, cujos coeficientes são mostrados na Figura 1.

1	-3	-3	1
-3	7	7	-3
-3	7	7	-3
1	-3	-3	1

Figura 1. Filtro passa-altas 4x4.

A partir das bandas híbridas resultantes, aplicou-se a Transformação por Componentes Principais, para descorrelacionar os dados. Ao aplicar esta técnica, a componente principal 1 (PC1) que apresenta uma maior variância em relação as demais, concentra a maior parte da informação das bandas, e assim ela é utilizada para reduzir o tempo de processamento no processo de segmentação.

A PC1 foi segmentada utilizando os limiares de similaridade e área de 5 e 10 respectivamente, definidos a partir da análise dos resultados obtidos por testes no laboratório.

A segmentação é um passo necessário para realizar a classificação não supervisionada pelo método ISOSEG, que é um classificador por região. Este método considera os atributos estatísticos de cada região e não pressupõe qualquer distribuição das classes. Realiza um ordenamento das regiões em função de sua área e as classifica considerando seus atributos de média, variância e covariância. A distribuição das classes é dada por um limiar de aceitação de 95%, que define a distância de Mahalanobis para inclusão ou não de uma região à classe.

A imagem classificada é validada a partir de uma matriz de classificação, definindo-se somente as classes copas de Araucária e demais copas da FOM. Notou-se uma terceira classe caracterizada pela sombra, mas esta estava associada às copas das Araucárias dominantes sendo, portanto, incluída nesta. No processo de validação a imagem IKONOS é considerada como referência. Assim, 178 pontos amostrais, referentes ao centro das copas identificados visualmente, são selecionados na imagem IKONOS. A avaliação destes pontos na imagem classificada provê uma matriz de erros e acertos dos pontos amostrais.

O mapa da distribuição das copas de Araucária na FLONA de Irati foi gerado a partir da distribuição espacial da classe copa. Para isto utilizou-se o software SPRING 4.3.3 empregando-se a técnica de análise espacial por Kernel (largura de banda 150 m). Esta etapa, possibilita ao usuário uma rápida interpretação da localização das áreas de maior densidade de copas.

#### **4. Resultados**

A avaliação qualitativa da imagem fusionada por meio da interpretação visual, segundo Telles Junior (2008) e Wang et al. (2005), nos dá uma primeira impressão sobre a qualidade do produto híbrido em relação à imagem original. Telles Junior (2008) complementa que a existência de distorções que alteram, sobremaneira, a qualidade visual da imagem, permite que se utilize esse primeiro indicador, como um fator de corte. Ou seja, uma avaliação visual ruim não leva a imagem híbrida à progressão no protocolo de avaliação da qualidade e classificação da imagem. Desta forma, neste trabalho somente uma avaliação qualitativa (visual) do resultado da fusão foi realizada.

##### **4.1 Avaliação visual da imagem híbrida**

Com a imagem híbrida foi possível definir algumas feições antes não observadas na imagem Original CCD. Foi observado regiões de baixo brilho, com níveis de cinza próximos a zero, e contraste maior (mais textura), que não foram observadas na imagem CCD original. Estas feições indicam a ocorrência de agrupamentos de copas de Araucária, cujos atributos visuais (forma quase circular, disposição dos galhos em verticilo, entre outros) são facilmente identificados em uma imagem de alta resolução por um intérprete qualificado. A visualização das copas na imagem IKONOS (com resolução melhor do que o produto híbrido) pode ser observada na Figura 2.

Podemos observar na Figura 2, o contraste existente entre áreas cobertas com as demais espécies e uma área coberta por copas de Araucária em estrato dominante. Nota-se que a Araucária, quando em estágio adulto e dominante, possui a sua copa com formato quase circular, com galhos distribuídos radialmente e com os tufo localizados nas suas extremidades, cujas folhas acículas são mais escuras que as outras espécies (Disperati e Oliveira Filho, 2006). A característica de dispersão de sementes desta espécie favorece a ocorrência de áreas de alta densidade de Araucárias. A Figura 3 mostra a composição RGB das imagens híbrida, híbrida filtrada, IKONOS e CCD original. Nas imagens de alta resolução (2,5 m e 1 m), pode-se observar adensamentos de copas.

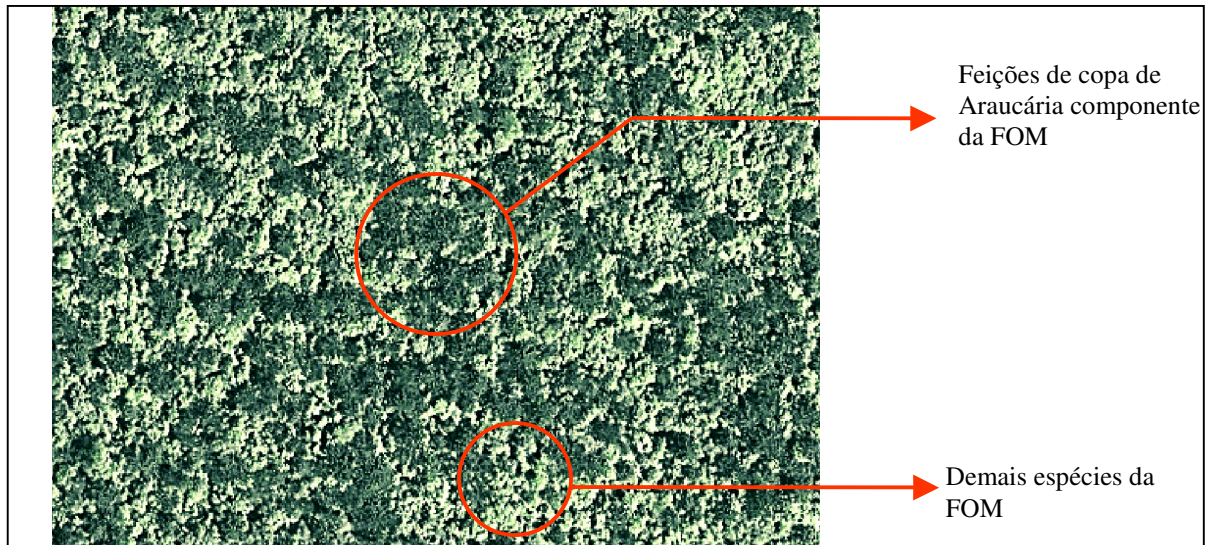


Figura 2. Feições de copa de Araucária na imagem de alta resolução (1m) IKONOS 3R4G2B.

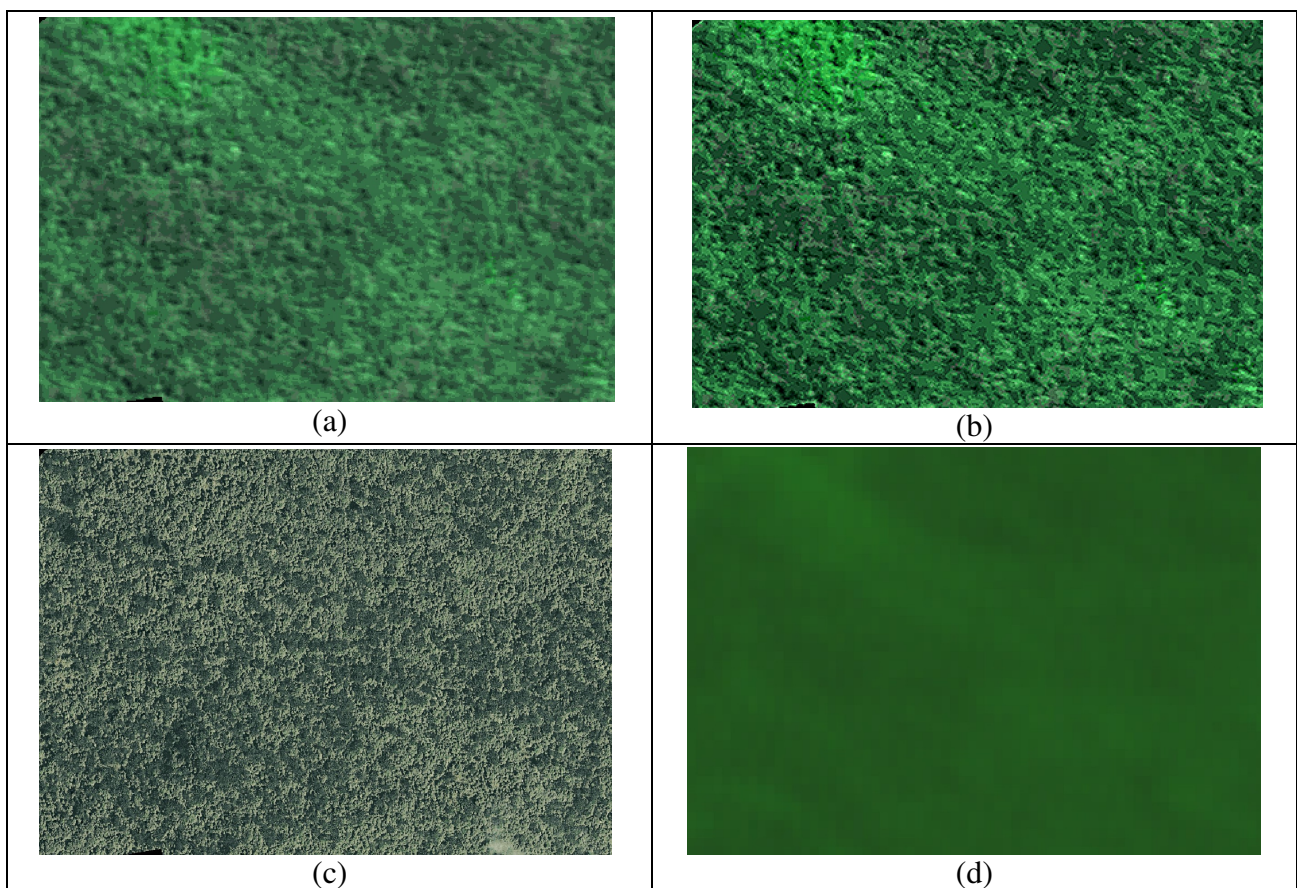


Figura 3. Composição colorida 3R4G2B da mesma área: (a) imagem híbrida sem filtragem, (b) imagem híbrida filtrada, (c) imagem IKONOS, e (d) imagem CCD.

A Figura 3 (d) mostra que os adensamentos de Araucária são pouco perceptíveis na composição CCD de 20 m, decorrentes da escala de trabalho e resolução da imagem. O contorno da classe copas é muito pouco definido, com bordas muito suaves. Ao se aplicar a técnica de fusão IHS, a imagem híbrida resgatou traços de ocorrência de copas, apresentado uma melhor definição da ocorrência de copas através de uma associação a níveis de cinza



próximos escuros. O filtro passa-altas realçou as bordas da classe na imagem, como pode ser observado em 2 (b). A impressão visual obtida tornou possível a identificação de regiões de concentração das copas.

#### 4.2 Classificação

No processo de segmentação, os limiares definidos em 5 e 10 para similaridade e área, respectivamente, apresentaram resultados satisfatórios em uma avaliação visual. Os segmentos gerados delimitam os agrupamentos das copas de Araucária.

A Figura 4 apresenta o mapa gerado pela classificação e a distribuição espacial das copas, obtidos a partir dos polígonos identificados em áreas de ocorrência de adensamentos de Araucária.

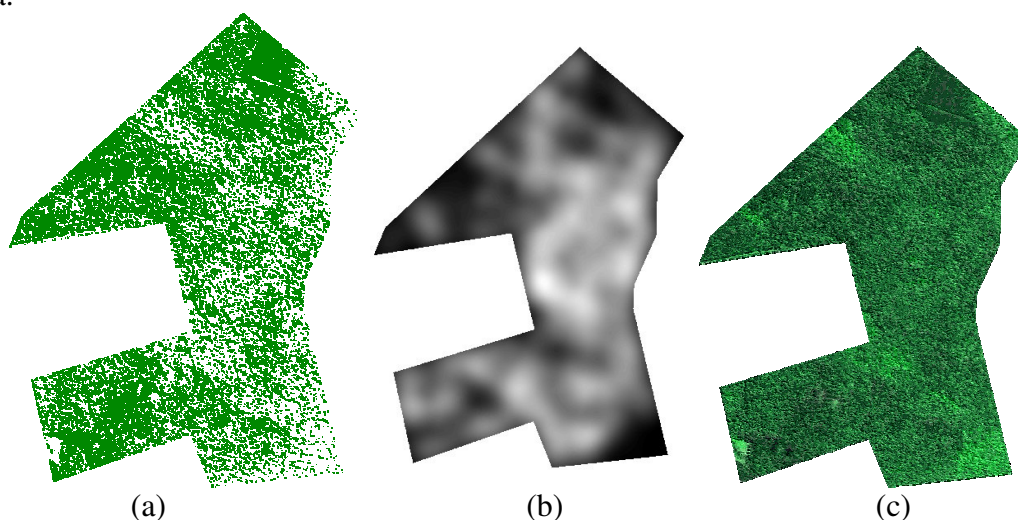


Figura 4. (a) Mapeamento da classe copas de Araucária, em verde, (b) Mapa da distribuição das copas a partir de uma análise espacial por Kernel, onde as áreas escuras representam uma maior densidade e (c) Imagem Híbrida CCD-HRC na composição colorida 3R4G2B.

Pode-se observar na Figura 4(a), ao compararmos visualmente a classificação e a imagem de referência, que o classificador identificou a ocorrência das copas. A densidade das copas e os baixos valores de níveis de cinza associados à classe contribuíram para que o agrupamento dos pixels definisse polígonos distintos da classe de floresta natural. A Figura 4(b) foi gerada a partir dos polígonos de copas gerando uma distribuição espacial das áreas de ocorrência de copas na área de estudo, onde áreas escuras apresentam uma maior densidade. Este mapa de distribuição espacial foi realizado somente para facilitar a visualização da distribuição dos polígonos. Quando comparado a imagem de referência, o mapa de distribuição espacial pode nos fornecer uma melhor visualização dos dados.

A validação da classificação foi dividida em duas etapas: (1) visual, segundo a imagem referência, IKONOS, e (2) por meio da análise da matriz de classificação, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Matriz de confusão.

Produto Fusionado classificado	Imagem Referência	
	Copa	Não Copa
Copa	66,38 %	33,62 %
Não Copa	8,06 %	91,94 %

A matriz de classificação apresentou desempenho global de 75,3% de acerto. Notamos que a classe copa apresentou uma porcentagem de acerto de 66,38%, referentes aos pontos na

imagem referência que coincidem com os polígonos na imagem classificada. Os índices são considerados satisfatórios. No entanto, a acurácia pode ser melhorada se os dados orbitais forem usados juntamente com dados de campo. Neste caso, os indivíduos (copas) devem ser georreferenciados com auxílio de um GPS de precisão e associação dos pontos em um banco de dados geográficos.

## 5. Considerações finais

A identificação da distribuição de espécies dominantes é importante para compreender a dinâmica florestal na região, contribuindo para o monitoramento da espécie e análise da degradação de seu habitat. A Araucária, como espécie dominante na Floresta Ombrófila Mista, com padrões de copa característicos, facilita sua identificação e mapeamento quando em contraste com outras espécies dessa formação florestal.

Neste trabalho, a caracterização da espécie araucária foi realizada usando imagens de alta resolução e técnicas de processamento de imagens. A técnica de fusão das imagens HRC e CCD do CBERS-2B, usada para gerar um produto de melhor resolução espacial, apresentou uma qualidade visual favorável à definição de detalhes dos alvos de interesse. No entanto, o conhecimento prévio da área e dos indivíduos florestais que compõe a tipologia florestal foi fundamental neste estudo.

As técnicas de fusão, filtragem e classificação, aliadas ao padrão característico das copas, ajudaram na identificação dos agrupamentos de copas. A classificação da imagem híbrida mostrou-se eficiente na detecção da classe copas de Araucária. No entanto, outros classificadores que utilizam parâmetros como textura e forma, devem ser aplicados a fim de se obter melhores resultados.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem as entidades: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná (UNICENTRO), que contribuíram para a realização deste projeto.

## 7. Referências bibliográficas

Almolins, K.; Zhang, Y.; Dare, P. Wavelet based image fusion techniques - An introduction, review and comparison. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v. 62, n. 04, p. 249-263, 2007.

Disperati, A. A.; Oliveira Filho, P. C. Copas de Araucária observadas em fotografias aéreas 70 mm colorido normal em escala muito Grande (1:1.000). *Ambiência*, v. 2, Edição Especial 1, p. 137-149, 2006.

Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Disponível em:

<<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=201#estportconj>>. Acesso em: 10 set. 2008.

Nutto, T. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Baseado na árvore individual. *Ciência Florestal*, v.11, n.2, p. 9-25, 2001.

Pinho, C. M. D.; Rennó, C.D.; Kux, H. J. H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4225-4232. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.20.14/doc/4225.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2008.

Santos, A. J. dos; Nogueira, A. S. Evolução da política florestal paranaense a partir da década de 90. *Floresta*, v. 37, n. 3, p. 419-426, 2007.

Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada – SPRING. Disponível em:

<[www.dpi.inpe.br/downloads](http://www.dpi.inpe.br/downloads)>. Acesso em julho de 2008.

Teles Júnior, M. A. B. G. **Superresolução de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 2008.  
118 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

Wang, Z.; Ziou, D.; Armenakis, C.; Li, D.; Li, O. A Comparative Analysis of Image Fusion Methods. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 43, n. 6, p. 1391-1402, 2005.