

Análise das técnicas de fusão de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC)

Claudinei Rodrigues de Aguiar¹
Danielli Batistella¹

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Via do Conhecimento, Km 01 – Bairro Fraron, 85503-390, Pato Branco – PR, Brasil

rodriguesaguiar@utfpr.edu.br
batistella@utfpr.edu.br

Abstract. This work presents the results of the fusion process analysis from CBERS-2B (China-Brazil Earth Resources Satellite) orbital images applying the approaches HSV (Hue-Saturation_Value), Normalized Color, Gram-Schmidt and Principal Components. CBERS spatial resolution is 20 meters for multispectral image from CCD (Charge-Coupled Device) sensor and 2.7 meters for the panchromatic image from HRC (High Resolution Camera) sensor. With the fusion approaches was possible to evaluate the visual quality, transfer details and spectral fidelity. It can be observed that the images generated by the approach have satisfactory results in terms of visualization and definition of the objects that compose this one, making it possible verify the good definition of features such as vegetation, land use and road network. The results show that the four techniques analyzed showed gain in the quality due to improved spatial resolution, providing larger distinction of detail in the images. It can also be concluded that the approach based on principal components showed the best results in analysis of the detail transfer from original panchromatic to fused multispectral image. In the analysis of spectral fidelity, the best result for the band 1 was presented by Gram-Schmidt technique and for bands 2 and 3 the best results were achieved with the technique of principal components.

Palavras-chave: image fusion, CCD and HRC images, remote sensing, fusão de imagens, imagens CCD e HRC, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A fusão de imagens de satélite tem a finalidade de obter uma imagem aprimorada, ou seja, com maior resolução espacial, o que possibilita uma melhor discriminação dos alvos da superfície terrestre. Para Wald (1999) *apud* Luz *et al* (2009), a fusão dos dados de satélite caracteriza-se como uma estrutura formal na qual são definidos conceitos e ferramentas para a união de dados originários de diferentes fontes com o objetivo de obter informações de melhor qualidade.

O processo de fusão de imagens multiespectrais de baixa resolução com imagens pancromáticas com melhor resolução, tem se tornado uma importante ferramenta para melhorar a qualidade das imagens orbitais e, conseqüentemente, o seu custo/benefício para diversas aplicações.

Atualmente, existem inúmeras técnicas de fusão que permitem integrar maior resolução espectral das imagens multiespectrais com a melhor resolução espacial das imagens pancromáticas, gerando uma nova imagem multiespectral com ambas as características.

Neste trabalho, utilizou-se para testar as técnicas de fusão, uma imagem pancromática HRC (High Resolution Camera) de alta resolução espacial e imagens CCD (Charge-Coupled Device) da região do visível de menor resolução, ambas do satélite CBERS-2B (China-Brazil Earth-Resources Satellite).

2. Metodologia de Trabalho

Neste trabalho foram analisadas as seguintes técnicas de fusão de imagens: *HSV*, *Color Normalized Spectral (Brovey)*, *Gram-Schmidt Spectral Sharpening* e *PC Spectral Sharpening*. Todos os testes foram realizados no programa Envi 4.2.

Os experimentos foram realizados utilizando a imagem pancromática e multiespectral adquiridas pelo satélite CBERS-2B, com características conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos instrumentos sensores do satélite CBERS-2B

Sensor	Bandas Espectrais	Faixa Espectral (μm)	Resolução Espacial (m)
CCD	Azul	0,45 – 0,52 μm	20
CCD	Verde	0,52 – 0,59 μm	20
CCD	Vermelho	0,63 – 0,69 μm	20
HRC	PAN	0,50 – 0,80 μm	2,7

A região de estudo escolhida para a realização dos testes abrange parte da área urbana e rural do município de Pato Branco, Paraná (Figura 1).

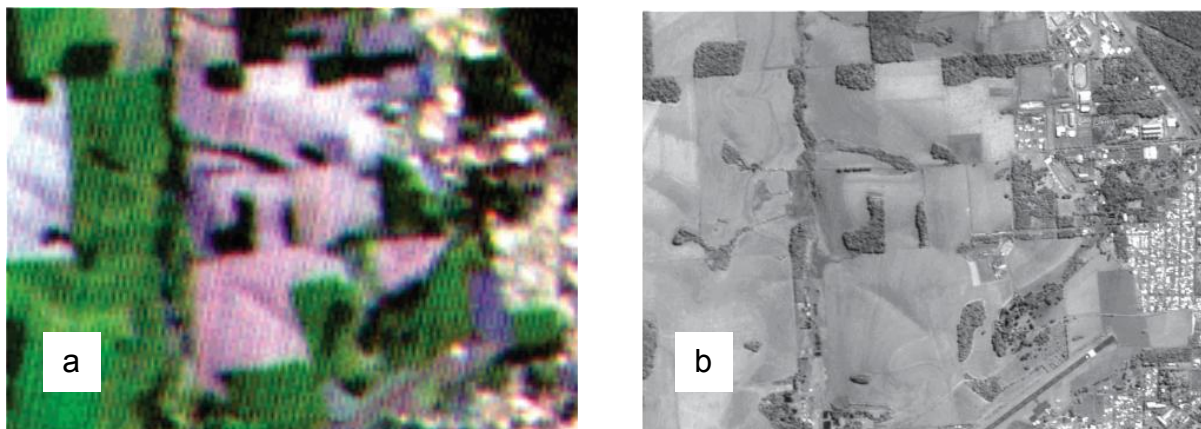


Figura 1. (a) Imagem CCD multiespectral, resolução espacial de 20 metros; (b) Imagem HRC pancromática, resolução espacial de 2,7 metros.

2.1 HSV

HSV (hue, saturation e value), significa Intensidade, Matiz e Saturação, processo também denominado IHS. A intensidade descreve o brilho, o matiz descreve a cor em termos de comprimento de onda e a saturação é quantidade de cor presente. O processo de transformação RGB-IHS é utilizado para produzir composições coloridas em que existe uma reduzida correlação entre as bandas espectrais, permitindo melhor utilização das cores e combinações de imagens. Esta transformação permite isolar a informação espectral contida nas três bandas, em apenas dois canais, o correspondente ao da Saturação e do Matiz. O brilho da cena é isolado no canal da Intensidade, o que permite ser substituído por outra banda de melhor resolução (Novo, 2008).

2.2 Color Normalized Spectral (Brovey)

O método de fusão Color Normalized (Brovey) utiliza uma combinação matemática das imagens coloridas e dados de alta resolução. Cada banda da imagem colorida é multiplicada pela razão da imagem de alta resolução e dividida pela soma das bandas colorida. A função automaticamente reamostra as três bandas de cores para o tamanho do pixel de alta resolução usando técnicas de vizinho mais próximo, bilinear, ou convolução cúbica. As imagens de saída RGB terão o tamanho do pixel correspondente à imagem de alta resolução (RSI, 2005).

2.3 Gram-Schmidt Spectral Sharpening

A fusão Gram-Schmidt Spectral Sharpening consegue apurar os dados multiespectrais das imagens de alta resolução espacial. Primeiramente, uma banda pancromática é simulada a partir das menores bandas de resolução espacial. Na sequência, uma transformação de Gram-Schmidt é efetuada na banda pancromática e nas bandas espectrais, onde a banda pancromática simulada é empregada como primeira banda. Em seguida, a banda pancromática

de alta resolução espacial é trocada pela primeira banda Gram-Schmidt. Por último, a transformação inversa da Gram-Schmidt é então aplicada para formar as bandas espectrais fusionadas (RSI, 2005).

2.4 PC Spectral Sharpening

Este método de fusão consiste em aprimorar os dados das imagens espectrais com dados de alta resolução espacial através da utilização de componentes principais. Para Novo (2008), o processo de transformação dos canais originais para um conjunto de componentes principais é realizada através do cálculo da matriz de covariância entre as bandas. A matriz criada gera novos canais tal que o valor de nível digital é a combinação linear entre todas as bandas que contribuirão para aquele eixo. A quantidade de componentes principais é idêntica ao número de bandas.

Durante o procedimento de fusão, a banda referente à primeira componente principal é substituída pela banda de alta resolução, na qual é dimensionada para corresponder à primeira componente principal, evitando qualquer distorção da informação espectral. Em seguida, uma transformação inversa é realizada. Os dados multiespectrais são automaticamente redimensionadas para o tamanho do pixel de alta resolução usando técnicas de vizinho mais próximo, bilinear, ou técnica de convolução cúbica (RSI, 2005).

3. Resultados e Discussão

Os resultados da fusão das imagens do satélite CBERS-2B utilizando os métodos *HSV*, *Color Normalized Spectral (Brovey)*, *Gram-Schmidt Spectral Sharpening* e *PC Spectral Sharpening* podem ser visualizados na Figura 2.

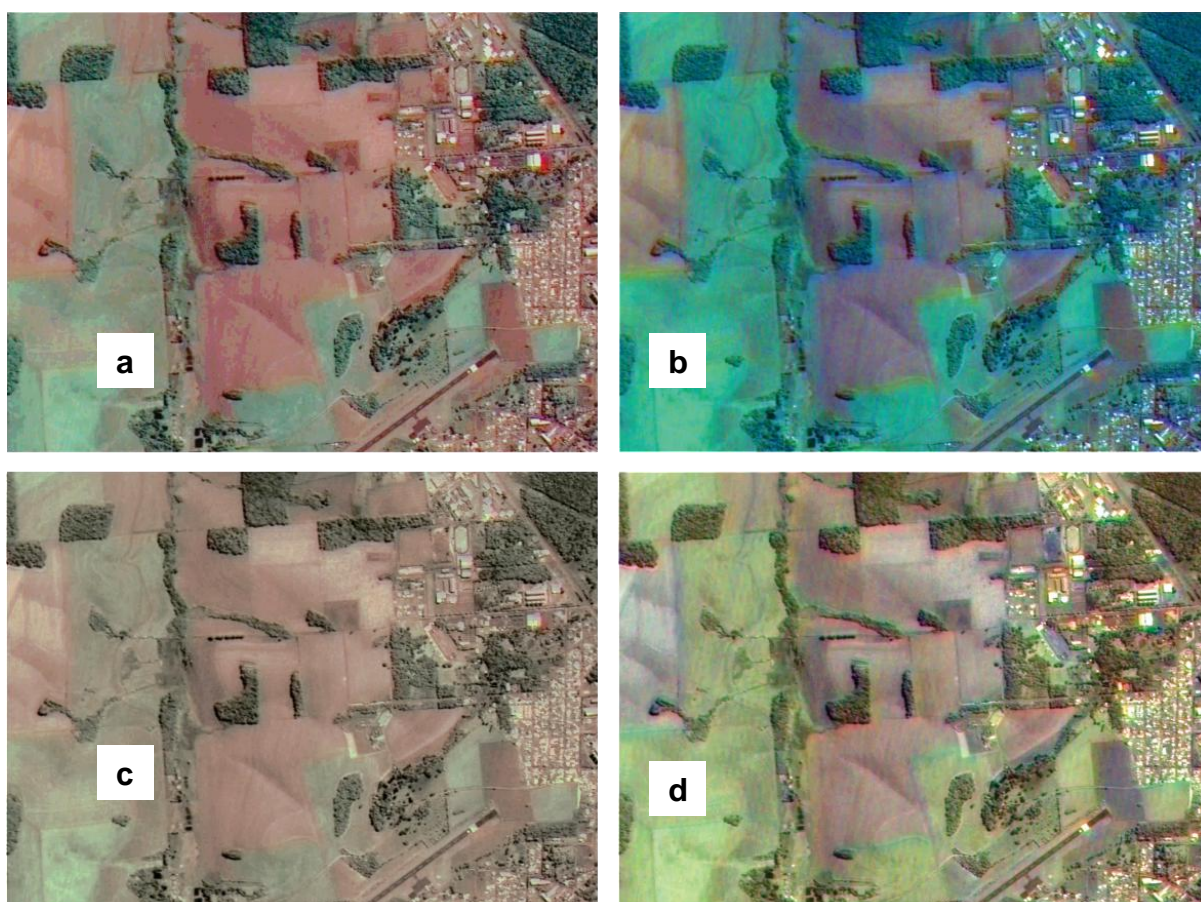


Figura 2. Imagens fusionadas. (a) *Color Normalized Spectral (Brovey)*; (b) *Gram-Schmidt Spectral Sharpening*; (c) *HSV* e (d) *PC Spectral Sharpening*.

Na Figura 2, pode-se observar que as imagens geradas pelo processo de fusão apresentam bons resultados em termos de visualização e definição dos objetos que a compõem, sendo possível verificar a boa definição das feições como vegetação, uso da terra e malha viária.

A Tabela 2 apresenta os valores da média dos pixels e desvio padrão para a imagem multiespectral e as fusões. O resultado mostra que nenhuma das técnicas alterou significativamente o contraste da imagem comparada com a original.

Tabela 2. Estatística das imagens fusionadas e da multispectral original

Fusões	Banda 1		Banda 2		Banda 3	
	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
Multiespectral original	176,9787	34,8453	158,2558	32,3993	120,2146	46,0665
HSV	147,4064	31,1862	135,5664	29,0470	119,7211	25,5452
Color Normalized	139,7840	34,4526	126,4139	31,2160	114,8021	27,3930
Gram-Schmidt	85,1159	32,5884	131,8725	33,0598	130,0696	28,9281
Componentes Principais	148,5769	35,8596	147,6196	37,0853	119,5379	33,7865

Para se ter uma análise da transferência da resposta espectral da imagem multiespectral original para as imagens fusionadas foi determinado o coeficiente de correlação entre estas imagens, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficiente de correlação entre a imagem multiespectral original e as fusões para o teste de fidelidade espectral

Fusões	Banda 1	Banda 2	Banda 3
HSV	0,567187	0,643565	0,360415
Color Normalized	0,690657	0,484147	0,110580
Gram-Schmidt	0,759779	0,440878	0,009664
Componentes Principais	0,506081	0,663073	0,472180

Na Tabela 3 verifica-se que as imagens apresentam baixo coeficiente de correlação, não chegando a 0,70, exceto para a banda 1 da técnica Gram-Schmidt que apresentou uma correlação de aproximadamente 0,75. Os piores resultados foram obtidos com a banda 3, principalmente ao aplicar a técnica Gram-Schmidt. Para a banda 1 o melhor resultado na transferência de informação espectral foi obtido ao aplicar a técnica Gram-Schmidt, e para as bandas 2 e 3 os melhores resultados foram alcançados pela técnica de componentes principais.

A transferência de detalhes foi medida pelo coeficiente de correlação entre a imagem pancromática e aquelas resultantes do processo de fusão. A Tabela 4 apresenta as correlações entre as imagens.

Tabela 4. Coeficiente de correlação entre as imagens fusionadas e a pancromática original, para o teste de transferência de detalhes.

Fusões	Banda 1	Banda 2	Banda 3
HSV	0,757913	0,800689	0,808168
Color Normalized	0,697676	0,767330	0,783757
Gram-Schmidt	0,605126	0,711545	0,702152
Componentes Principais	0,850523	0,834215	0,895312

Pela análise da Tabela 4, pode-se notar que a imagem que apresenta maior correlação com a imagem pancromática original foi a obtida pela técnica de fusão por componentes principais, com coeficientes de correlação acima de 0,83. A técnica que apresentou uma

menor transferência de detalhes foi a Gram-Schmidt, coeficientes de correlação variando de 0,60 a 0,71.

4. Conclusões

Neste trabalho foi apresentado um estudo das principais técnicas utilizadas no processo de fusão de imagens. Estas técnicas permitem a melhora da qualidade geométrica das imagens multiespectrais de baixa resolução, possibilitando que estas sejam utilizadas numa gama maior de projetos. Outro fator importante é disponibilidade gratuita das imagens CBERS com resoluções de 2,7 m (pancromática) e de 20 m (multiespectral), tornando possível, a partir da aplicação da fusão de imagens, se ter um produto de baixo custo com ótima fidelidade de detalhes e boa resolução espectral.

Os resultados mostram que as quatro técnicas analisadas apresentaram ganho de qualidade devido a melhora da resolução espacial, o que proporcionou maior distinção de detalhes nas imagens. Pode-se concluir também que a técnica baseada em componentes principais foi a que apresentou melhor resultado na análise de transferência de detalhes da imagem pancromática original para a multiespectral fusionada. No teste de fidelidade espectral o melhor resultado para a banda 1 foi apresentado pela técnica Gram-Schmidt e para as bandas 2 e 3 os melhores resultados foram alcançados com a técnica de componentes principais.

Agradecimentos

Agradecimentos ao INPE pela política de distribuição gratuita das imagens do satélite CBERS-2B e à Fundação Araucária pelo apoio.

Referências Bibliográficas

Luz, J. et al. Técnicas de fusão aplicadas a imagens do satélite ALOS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14. 2009, Natal. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p.6959-6965.

Magalhães, I. A. L. et al. Análise comparativa entre técnicas de fusão de imagens de alta resolução espacial do satélite QUICKBIRD. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, novembro 2011.

Novo, Evelyn L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2008.

RSI (Research Systems, Inc). **ENVI User's Guide**. ENVI Version 4.2 August, 2005.