

Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem GeoEye

André Ferreira Borges
Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva
Sergio Donizete Faria
Marcos Antônio Timbó Elmiro

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências
Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte, MG 31270-901
andreborges2005@yahoo.com.br, mayte17@gmail.com

Abstract

The fusion can be defined by applying a set of methods and tools for merging data from different sources in order to obtain higher quality information. This study aims to evaluate the fusion of images from GeoEye in two softwares. The study area comprises part of the region of Alphaville, located on the city of Nova Lima, Brazil. We applied four fusion methods: IHS, Brovey, Simple-mean and ESRI, in ArcGIS 10.0 and just IHS fusion technique in SPRING 5.2.1. The four image fusion techniques are far superior when compared to multispectral and panchromatic states image before processing takes place. The method IHS provides sharper contour of targets besides presenting the colors in a way closer to reality, there is an improvement in visibility and distinction of ground targets, resulting in images with spatial resolution of 0.50 m. In ArcGIS software, merge operations provided images with less noise compared to image generated in SPRING in 8 bits, but no significant difference in 11-bit. The product obtained by the fusion of ArcGIS showed better results compared to the fusion performed in SPRING, which substantially decreases the time spent post-processing steps that will result in an image with better visual quality fused noisy.

Keywords: remoto sensing, image processing, image fusion, sensoriamento remoto, processamento de imagens, fusão de imagens.

1. Introdução

Os sensores ópticos carregados a bordo de satélites trouxeram a possibilidade de obtenção de imagens das mais variadas regiões do globo terrestre, possibilitando a aquisição de dados espaciais a custos acessíveis. Nesse contexto, tem sido cada vez maior a utilização dos dados e técnicas de sensoriamento remoto para monitoramento ambiental e planejamento municipal, por fornecer dados sobre a cobertura vegetal da Terra, com diferentes resoluções espectrais, espaciais e temporais.

Dentre os sistemas para aquisição de imagem de alta resolução tem-se o satélite GEOEYE-1, lançado em setembro de 2008, com um sensor óptico capaz de alcançar 41 cm de resolução espacial no modo pancromático e 1,6 metros no modo multiespectral. Permite também a realização de visadas laterais e obtenção de imagens estereoscópicas. Para usuários civis, a resolução espacial no modo pancromático é degradada para 50 cm (GEOEYE, 2011). Na Tabela 1 são apresentadas as principais características do GEOEYE-1.

As imagens pancromáticas possuem melhor resolução espacial quando comparadas às imagens multiespectrais, sendo que essas últimas possuem melhor resolução espectral. As imagens pancromáticas podem ser combinadas com imagens multiespectrais fazendo a fusão dessas imagens. A fusão consiste na obtenção de uma nova imagem, com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectral original e mantendo a qualidade espectral, combinando as diferentes características espectrais e espaciais das imagens (WALD, 1999;

SCHNEIDER et al., 2003; KALPOMA; KUDOH, 2007). A nova imagem pode ser utilizada em análise da cobertura vegetal e mapeamentos de uso do solo.

Tabela 1 – Características do GEOEYE-1.

Resolução Espacial	0.41m (Pancromático) e 1.64m (Multispectral)
Resolução Espectral (PAN)	450-900 nm
Resolução Espectral (Multispectral)	Azul: 450-520 nm Verde: 520-600 nm Vermelho: 625-695 nm Infra Vermelho: 760-900 nm
Faixa Imageada	15,2 km
Inclinação Visada Lateral	até 60 Graus
Resolução Radiométrica	11 bits
Vida Útil	> 10 anos
Capacidade de Revisita	3 dias ou menos
Altitude	684 km
Hora de Passagem	10:30 A.M. GMT

Fonte:GEOEYE, 2011.

Existem diversos métodos para a fusão de imagem e dentre eles tem-se os métodos: PANSHARPENING, IHS, Componentes Principais, Transformação de Brovey, Transformação de Walvelet, entre outros (POHL, 1999; SCHNEIDER et al., 2003; MAGALHÃES et al., 2011). O emprego desses métodos depende da natureza dos dados originais e da finalidade da aplicação do produto.

2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo gerar a fusão de imagens do satélite GeoEye, em dois *softwares* de processamento digital de imagens, com os métodos disponíveis. Para isso é executada a fusão das cenas das bandas multiespectrais (Blue, Red e Green – resolução 2 m) com a banda pancromática (resolução 0,50 m).

3. Material e métodos

A área de estudo compreende a região do condomínio Alphaville, situado no Município de Nova Lima, MG, conforme apresentado no mapa de localização da Figura 1.

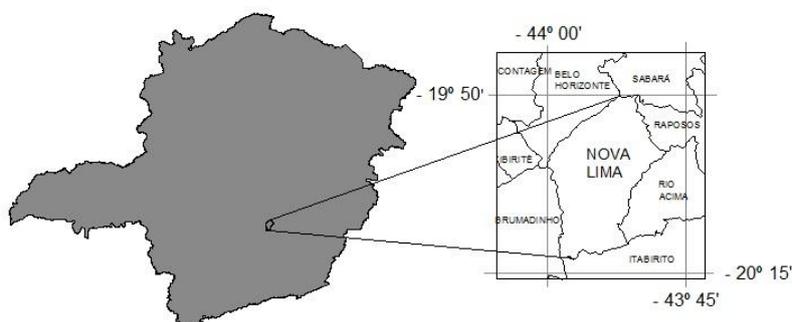


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Para a realização deste trabalho são utilizados os seguintes materiais:

- cenas do sensor GEOEYE-1 (pancromática e multiespectral) rastreadas em 2 de outubro de 2011;
- *software* SPRING 5.2.1;
- *software* ArcGIS 10.0.

Na Figura 2 é apresentada a composição colorida da imagem GeoEye da área de estudo, com 2 metros de resolução.

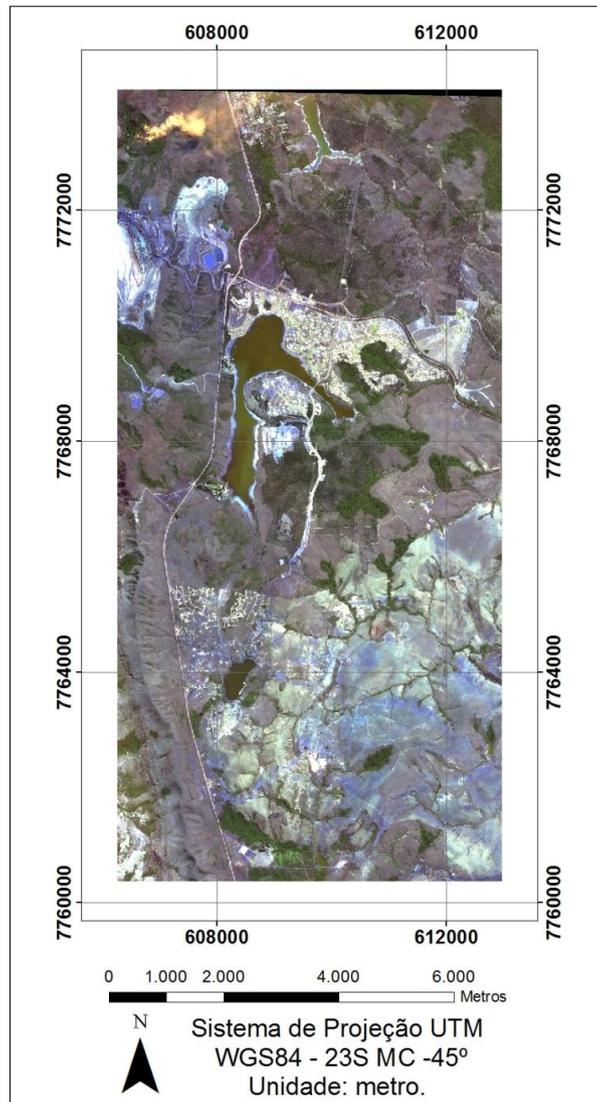


Figura 2. Imagem GeoEye: composição colorida R3G2B1.

3.1 Métodos de fusão

Os métodos de fusão aplicados são: IHS, Brovey, ESRI e *Simple-mean*, utilizando o *software* ArcGIS 10.0; e IHS e Componentes Principais no SPRING 5.2.1.

O método IHS consiste em projetar a informação de cores representadas no espaço vermelho, verde e azul (RGB) para outro conjunto de eixos de medição de cores. O sistema IHS possui a vantagem de apresentar as cores de uma forma mais aproximada àquela utilizada pelo sistema da visão humana, os tons são descritos em termos de Intensidade (I), Matiz (H) e Saturação (S). A componente intensidade é a medida do brilho de uma determinada cor, a matiz é o comprimento de onda dominante da cor observada e a saturação é o grau de pureza da cor (MATHER, 1991; SANTOS et al., 2010). Após a geração das componentes IHS, nos dois softwares, foi realizada a transformação inversa, utilizando a banda pancromática no lugar da componente I, gerando assim uma composição colorida com resolução de 0,50 metros.

A transformação Brovey consiste numa combinação aritmética entre uma imagem multiespectral de baixa resolução espacial representada no espaço RGB e uma imagem pancromática de alta resolução. Cada banda da imagem multiespectral é multiplicada pela razão da imagem pancromática dividida pela soma das bandas da imagem multiespectral (VRABEL, 1996; SCHNEIDER; 2003; PINHO, 2005; ESRI, 2012).

A fusão pela transformação *Simple-mean* consiste na aplicação de uma equação de média aritmética simples para cada combinação de bandas de saída, utilizando o valor médio entre o vermelho, verde e azul dos valores de cada pixel da imagem pancromática (ESRI, 2012).

A transformação ESRI aplica uma média ponderada, cujo resultado cria um valor de ajuste, e a banda adicional do infravermelho-próximo, opcionalmente, para calcular os valores de saída (ESRI, 2012).

Na transformação por Componentes Principais a principal tarefa é analisar as correlações entre as imagens brutas e produzir um novo conjunto de imagens com menor correlação entre si. O método da fusão de imagens por componente principal baseia-se na substituição da primeira componente pela imagem de resolução maior, a qual pode ser contrastada de forma a ter média e variância próximas às da primeira componente (CROSTA, 1992; NAPOLEÃO et al., 2001).

Nesse método, a banda do Azul foi substituída pela banda de alta resolução espacial, ou seja, pela banda pancromática. Como a resolução destas é diferente, foi realizado uma reamostragem das bandas RGB, sendo assim realizado uma subdivisão dos pixels de 2 metros para 0,50 metros, através da técnicas do vizinho mais próximo.

Em todos os métodos de fusão aplicados, optou-se por utilizar as bandas correspondentes ao espectro visível (bandas 1, 2 e 3) para realizar a fusão com a pancromática e obter a resolução geométrica de 0,50 metros.

As imagens obtidas pela aplicação dos métodos de fusão nos softwares ArcGIS e SPRING foram avaliadas qualitativamente quanto à qualidade visual. De maneira geral, a avaliação visual é o primeiro método utilizado, permitindo ao observador avaliar o resultado geral da fusão no que se refere à preservação das bordas e do espectro da imagem de alta resolução em relação à imagem de baixa resolução. No entanto, esse processo é de caráter subjetivo e depende do intérprete (LEONARDI et al., 2009).

4. Resultados e discussão

A fusão das bandas espectrais no *software* SPRING é possível após prévia transformação da imagem GeoEye de 11 bits para 8 ou 16 bits. No primeiro processamento foi realizada a conversão de 11 bits para 8 bits utilizando o método de interpolação vizinho mais próximo. O resultado da fusão IHS está representado na Figura 3(a).

Com a fusão IHS realizada entre a imagem pancromática e a multiespectral, nota-se uma melhora na visibilidade e distinção dos alvos terrestres, resultando em imagens com resolução espacial de 0,50 m. Entretanto o resultado obtido no processamento com 8 bits evidenciou um ruído intenso na imagem, sendo necessário um pós-processamento para eliminação desse ruído e consequente melhoria da visualização da imagem. O ruído apareceu predominantemente nas áreas de vegetação, provocando o aparecimento de pixels brancos. A imagem foi descartada e realizou-se um novo processamento em 16 bits como representado na figura 3(b).

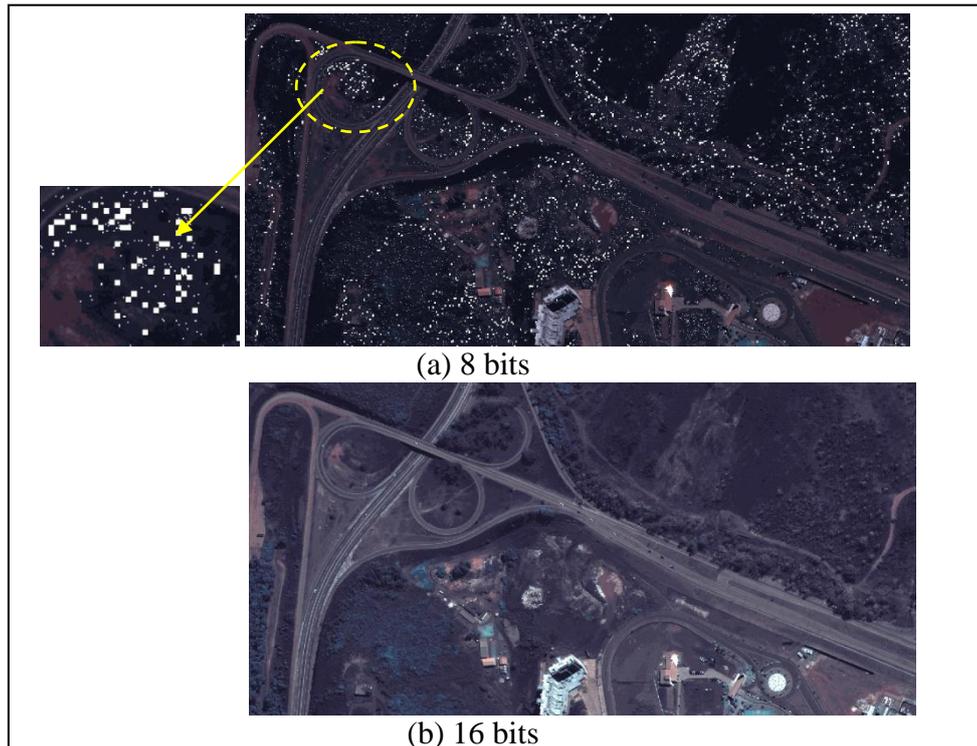


Figura 3. Imagem GeoEye resultante da fusão IHS no SPRING.

Os resultados obtidos através dos outros métodos de fusão propostos estão apresentados na Figura 4. Os resultados correspondem a fusão das bandas 1, 2 e 3 com a pancromática da imagem GeoEye. Na Figura 4(a) é apresentada a imagem multiespectral em composição falsa-cor. Nas Figuras 4(b), 4(c), 4(d) e 4(e) são mostradas as imagens resultantes da fusão das imagens pancromática e multiespectral, pelos métodos Brovey, *Simple-mean*, ESRI e IHS, respectivamente, no *software* ArcGIS. Na Figura 4(f) é mostrada a imagem resultante da fusão no *software* SPRING pelo método IHS. O resultado do método das Componentes Principais é representado na Figura 4(g).

A análise visual das imagens obtidas a partir da aplicação dos diferentes métodos de fusão aumenta a possibilidade de observação de diferentes alvos, quando se observou a mesma área sobre as diferentes formas de fusão. O método IHS apresenta maior nitidez do contorno dos alvos além de apresentar as cores de uma forma mais próxima da realidade. No entanto, não é possível inferir que um método seja melhor ou pior do que o outro, pois seria necessária a análise conjunta de várias características da imagem.

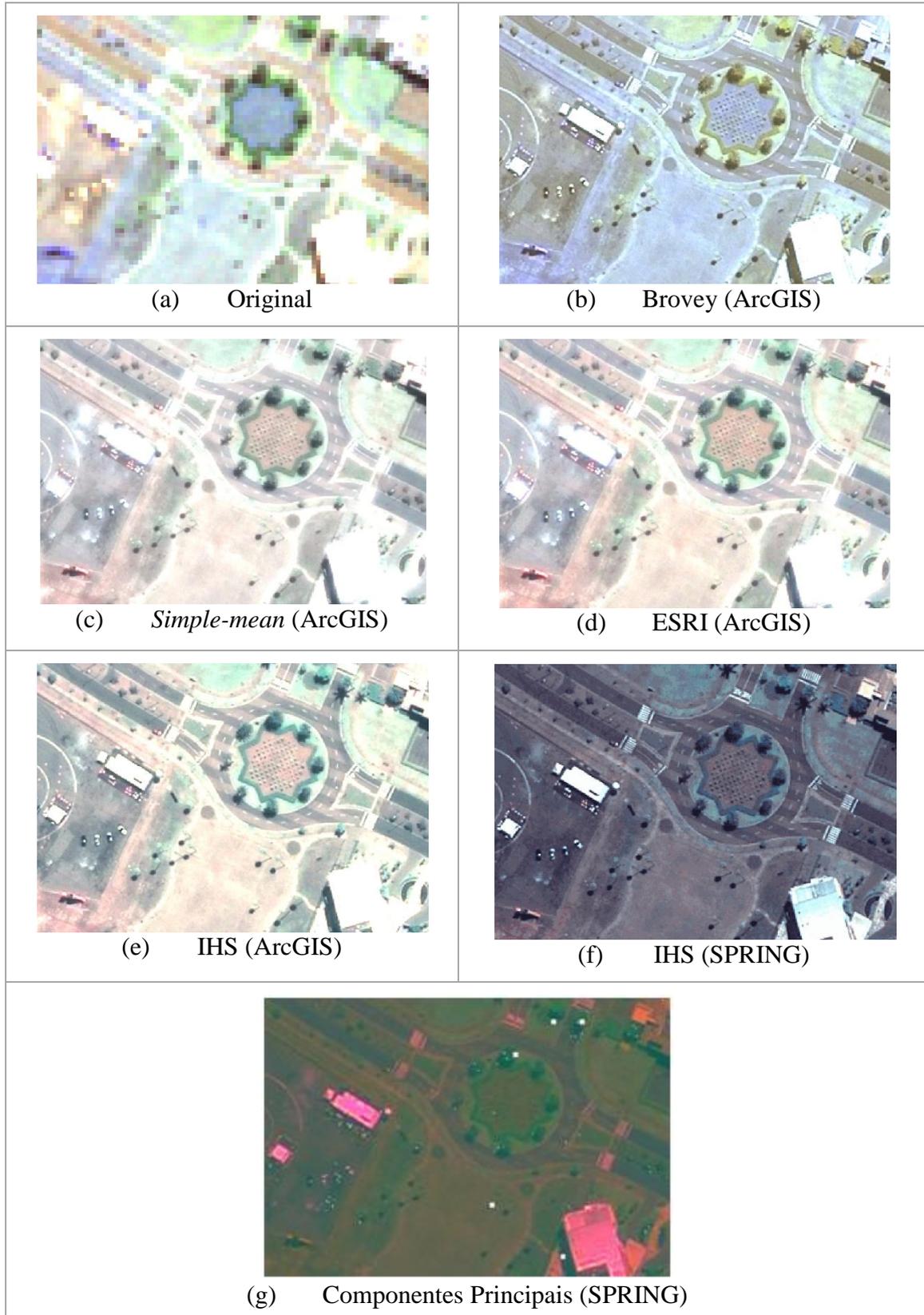


Figura 4. Comparação entre a imagem multiespectral original e as imagens resultantes da fusão.

No *software* ArcGIS, as fusões realizadas proporcionaram imagens com menos ruído comparada à imagem gerada no SPRING em 8 bits, mas não apresentou diferença significativa em 11 bits, como pode ser observado na Figura 5.

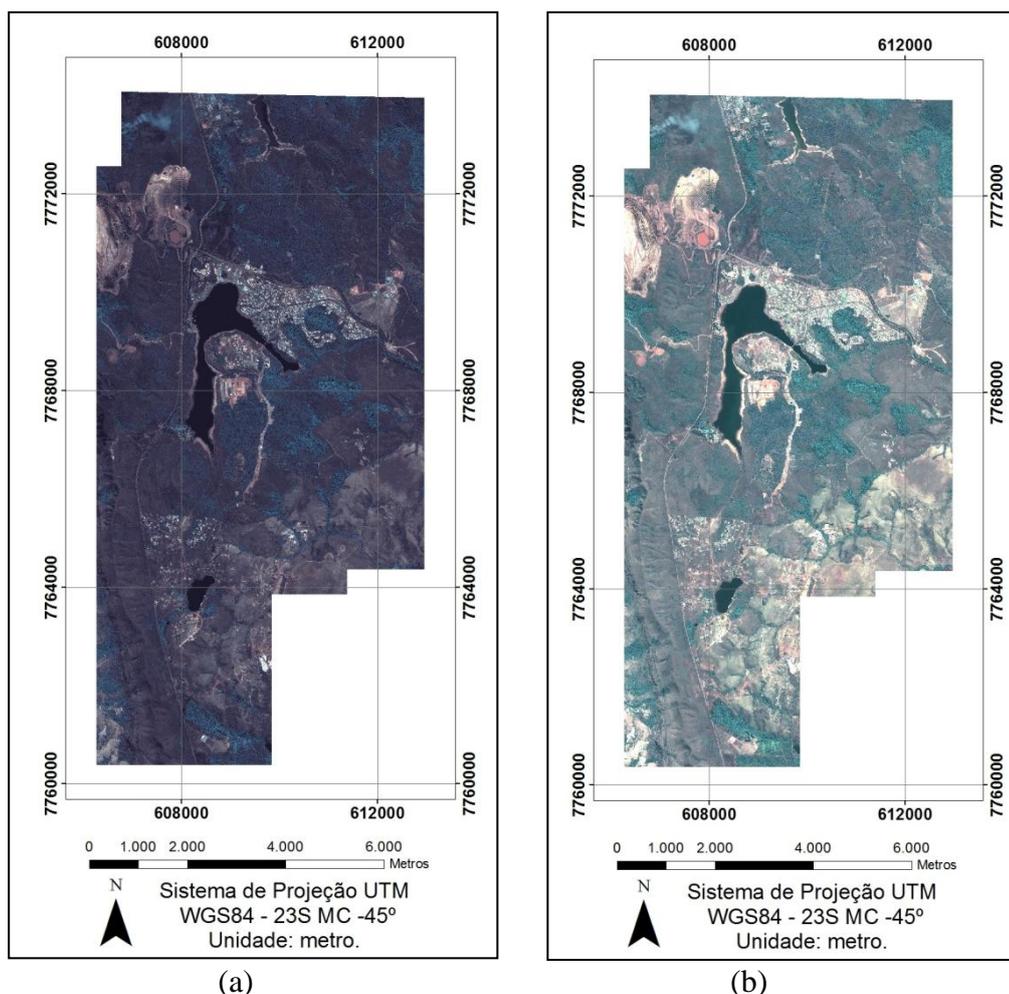


Figura 5. Imagem resultante da fusão: (a) SPRING (16 bits); (b) ArcGIS (11 bits).

Numa avaliação visual dos resultados é possível afirmar, em termos geométricos, que os produtos da fusão obtidos no ArcGIS e no SPRING são satisfatórios. A diferença no processamento está no fato do ArcGIS aceitar como entrada uma imagem com resolução radiométrica de 11 bits, ou seja, com 2048 níveis de cinza, que representa a resolução original das cenas. Enquanto que no SPRING, a imagem ao ser convertida para 8 bits gerou uma imagem fusionada com ruídos; com 16 bits, a imagem fusionada apresentou uma boa qualidade, sem ruídos.

Os resultados obtidos demonstram a possibilidade de utilização desses *softwares* para geração de imagens fusionadas.

5. Conclusão

Na fusão realizada entre a imagem pancromática e a multiespectral é notável a melhora na visibilidade e distinção dos alvos terrestres, resultando em quatro imagens com resolução espacial de 0,50m.

Os métodos de fusão produzem imagens que são superiores às imagens originais multiespectral e pancromática, antes de realizada a transformação. O método IHS apresenta maior nitidez do contorno dos alvos, além de apresentar as cores mais próximas da realidade.

O produto da fusão obtido através do ArcGIS apresentou melhor resultado comparado à fusão realizada no SPRING com 8 bits, o que deve estar relacionado à saturação de níveis de cinza ao realizar a transformação de 11 para 8 bits.

Referências Bibliográficas

Crosta, A. P. **Processamento digital de imagens**. Campinas: IG/ UNICAMP, 1992, 170 p.

Environmental Systems Research Institute (ESRI). Fundamentals of panchromatic sharpening. In: **ArcGIS Resource Center, Desktop 10**. Disponível em: <<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009t000000mw000000>>. Acesso em: 10 out. 2012.

GeoEye Elevating Insight. Disponível em: <http://www.geoeye.com/CorpSite/assets/docs/brochures/GeoEye-1_Fact_Sheet.pdf>. Acesso em: 10 out. 2012.

KALPOMA, K.A.; KUDOH, J. Image fusion processing for IKONOS 1-m color imagery. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, v. 45, n. 10, p. 3075-3086, 2007.

Leonardi, F.; Oliveira, C. G.; Fonseca, L. M. G.; Almeida, C. M. **Fusão de imagens CBERS 2B: CCD-HRC**. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. Anais..., Natal: INPE, 2009, p. 6951-6958.

Magalhães, I. A. L., Quinto, V. M.; Pena, F. E. R.; Omena, M. S., Chuba, M. L., Santos, A. R. **Análise comparativa entre técnicas de fusão de imagens de alta resolução espacial do satélite Quickbird**. Cadernos de Geociências, v. 8, n. 2, novembro 2011.

Mather, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.

Napoleão, M. C.; Lingnau, C.; Antunes, A. F. B. **A Influência dos Métodos de Reamostragem na Fusão de Imagens Landsat-5 TM e SPOT Pancromática**. Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2001. Disponível em http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/GeoColoq_2001/cbcg2053.pdf. Acesso em: 12 nov 2012

Pohl, C. **Tools and methods for fusion of images of different spatial resolution**. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 32, Part 7-4-3 W6, Valladolid, Spain, Jun. 1999.

Santos, A. P. **Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais com uso da estatística espacial**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

Schneider, M. J.; Bellon, O. R. P.; Araki, H. **Experimentos em fusão de imagens de alta resolução**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 9, no 1, p.75-88, 2003.

Vrabel, J. Multispectral imagery band sharpening study. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 1996, v. 62, n. 9, p. 1075-1083.

Wald, L. Some terms of reference in data fusion. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**. v. 37, n. 3, p. 1190-1193, 1999.