

Discriminação de classes do uso e cobertura da terra do Parque Nacional de Brasília utilizando diferentes métodos de fusão de imagens do Landsat-8

Tamiris de Assis ¹
Bruno Henrique dos Santos Rebello ^{1,2}

¹Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro ICC – Ala Central,
Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF - Brasil
tamirisdeassis@gmail.com, bruno.rebello@sipam.gov.br

² Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia –
Censipam – Ministério da Defesa
Setor Policial Sul, Área 5 Qd 3 Bc K, Brasília, DF, 70610-200, Brasil
bruno.rebello@sipam.gov.br

Abstract. The image fusion procedure is widely used to increase the spatial and spectral resolution of the remote sensing data, making it possible to extract more information from the Earth's surface. This paper aims was to discriminate classes of use and land cover in the Brasilia National Park (PNB) through different methods of image fusion OLI- Landsat-8 sensor. The image fusion processing was performed by the following methods: HSV Color Normalized (Bovey), Gram-Schmidt Spectral Sharpening and PC Spectral Sharpening. Posteriorly performed was the supervised classification by maximum likelihood method. The fusion of the images showed that the best conservation of colors gave the Gram-Schmidt techniques and Spectral PC, allowing you to check higher information content and details of the targets. The supervised classification of images fusion possible discrimination six classes of use and land cover in PNB: gallery forest, cerrado, urban, agropastoral, bare soil and water. The results for the supervised classification were better in fusion Gram-Schmidt and PC Spectral images because these images have lower spectral confusion of targets, in addition, to allow greater individualization of classes. The image fusion methods enable greater spectral quality and spatial resolution of the images, assisting in identifying and distinguishing the classes of use and land cover.

Palavras-Chave: image processing, use of soil, remote sensing, processamento de imagens, uso do solo, sensoriamento remoto

1. Introdução

O procedimento de fusão de imagens é amplamente utilizado para aumentar a resolução espacial e espectral dos dados de sensoriamento remoto, possibilitando extrair maiores informações das imagens (Wald, 1999). A técnica de fusão de imagens possui aplicações significativas em mapeamentos da superfície terrestre, no qual possibilita a obtenção de informações tanto por interpretação visual quanto por uso de classificadores que demandam produtos de alta resolução.

O método de fusão de imagens com diferentes resoluções tem como finalidade aumentar a resolução espacial e manter a qualidade espectral das imagens (Schneider et al., 2003). Nesse sentido, o método de fusão mais eficiente é aquele que preserva as cores da imagem original e que consegue transferir a informação espacial de maior qualidade da imagem de alta resolução espacial (Meneses e Almeida, 2012).

A avaliação das técnicas de fusão de imagens, aplicadas a um sensor moderno como o OLI (*Operational Land Imager*) do satélite Landsat 8 é extremamente útil para analisar o comportamento dessas técnicas com variáveis distintas para viabilizar o uso dessas imagens em aplicações que demandam uma melhor resolução espacial e espectral. Dentre essas variáveis destacam-se o desempenho radiométrico de 16 bits, que possibilita melhor caracterização de alvos da imagem e contribui para a diminuição do efeito de sombras, além

da resolução espacial de 30m para as bandas multiespectrais e 15m para a banda pancromática (USGS, 2014). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi discriminar as classes de uso e cobertura da terra no Parque Nacional de Brasília (PNB) por meio de diferentes métodos de fusão de imagens do sensor OLI- Landsat-8.

2. Materiais e Métodos

A região selecionada para análise das técnicas de fusão está situada na parte central do Distrito Federal, compreendendo o Parque Nacional de Brasília e a porção noroeste de Brasília, incluindo parte do lago Paranoá. Nessa região são encontradas áreas com diferentes coberturas de solo como mata de galeria, cerrado, solo exposto, área urbana e corpos d'água.

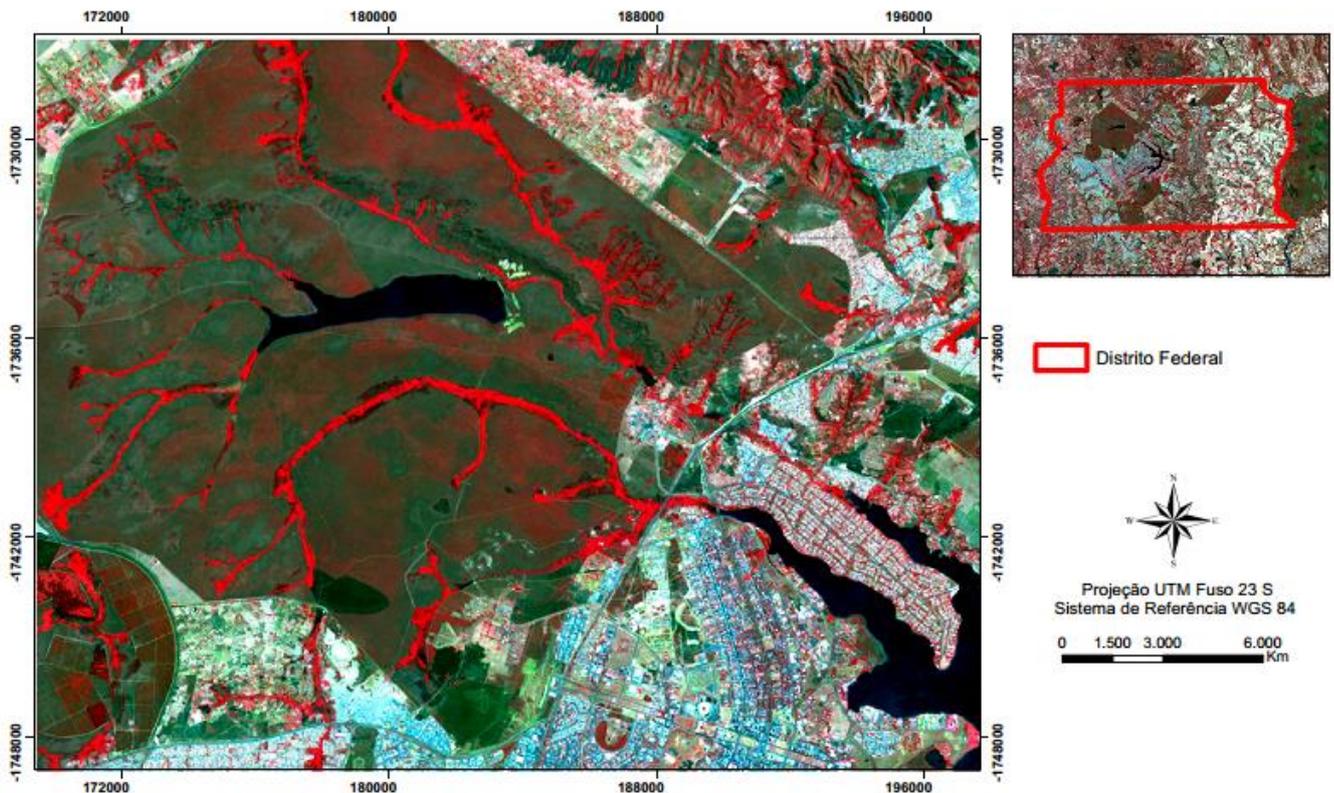


Figura 1. Localização da área de estudo (esquerda) e o contexto da área dentro do Distrito Federal (direita).

Foram utilizadas imagens do sensor OLI do Landsat 8 *Data Continuity Mission* (DCM) de 18 de Setembro de 2014, órbita 221 e ponto 071 adquiridas diretamente da página eletrônica do *United States Geological Survey* (USGS- <http://glovis.usgs.gov/>). Conforme as características espectrais e espaciais apresentadas na Tabela 1, o Landsat 8 possui nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9), uma banda pancromática com resolução espacial de 15 metros (banda 8) e duas bandas termais do sensor TIRS com 100 m.

Tabela 1-Características Espectrais e Espaciais do Landsat 8. Adaptado de USGS (2013).

Satélite Landsat- 8		
Bandas Espectrais	Comprimento de Onda (mm)	Resolução Espacial (m)
1	0,43-0,45	30
2	0,45-0,51	30

3	0,53-0,59	30
4	0,64-0,67	30
5	0,85-0,88	30
6	1,57-1,65	30
7	2,11-2,29	30
8	0,50-0,68	15
9	1,36-1,38	30
10	10,60-11,19	100
11	11,50-12,51	100

2.1. Fusão de Imagens

O processamento da fusão de imagens foi realizado pelos seguintes métodos: *HSV* (*hue, saturation e value*), *Color Normalized (Brovey)*, *Gram-Schmidt Spectral Sharpening* e *PC Spectral Sharpening* a partir de imagens multiespectrais de 30 m (Figura 2) e pancromática de 15 m de resolução espacial (Figura 3).

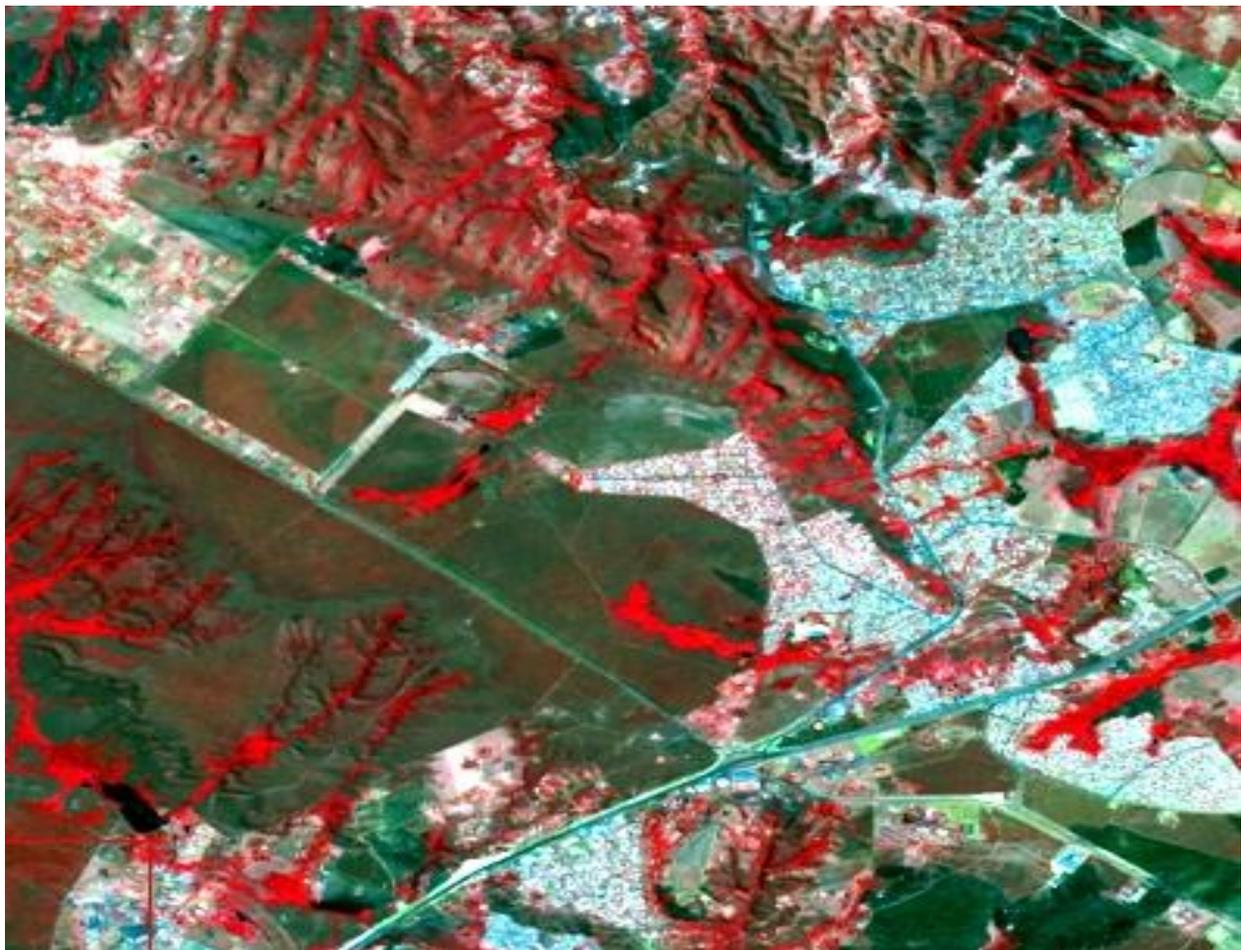


Figura 2. Composição colorida RGB (6/5/4) de imagem multiespectral de 30 m.

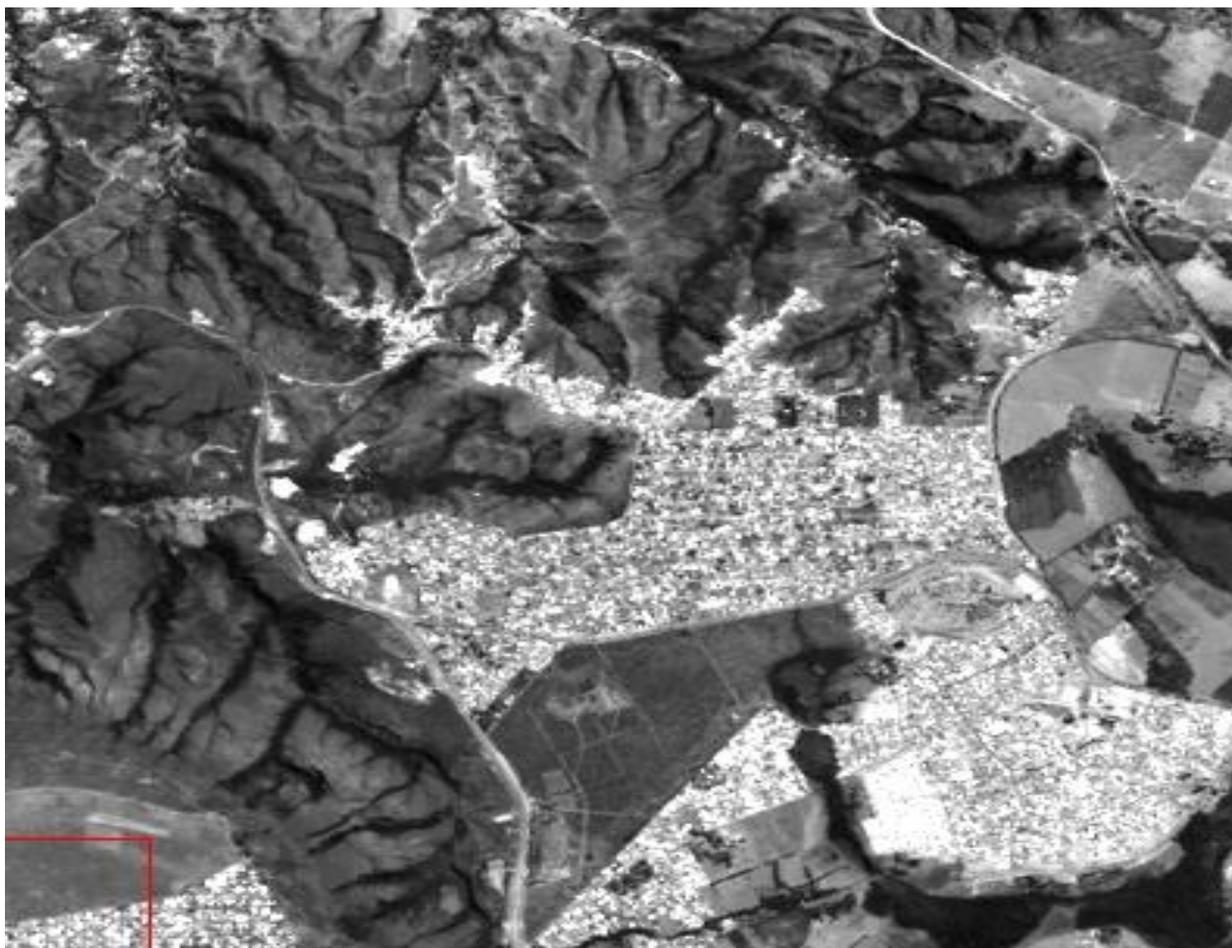


Figura 3. Imagem pancromática de 15 m.

Na técnica HSV (*hue, saturation e value*) selecionou-se três bandas da imagem multiespectral RGB (6/5/4), respectivamente, e transformou as informações espectrais contidas para o espaço HSV, sendo a banda 6 transformada para H, a banda 5 para S e a banda 4 para V. Nesse processo o componente *Value* é substituído pela imagem pancromática de alta resolução espacial e os componentes H e S são reamostrados para a resolução espacial da banda pancromática e posteriormente é efetuada a operação inversa, retornando para o espaço RGB (Meneses e Almeida, 2012).

A transformação por *Color Normalized (Brovey)* foi realizada por meio da multiplicação de cada uma das três bandas 6/5/4 representadas no espaço RGB, pela imagem pancromática. Nessa operação (Equação 1) cada banda da imagem multiespectral é multiplicada pela razão da imagem pancromática dividida pela soma das bandas da imagem multiespectral, permitindo, dessa forma, que os valores dos pixels das imagens híbridas resultantes sejam escalonados dentro de um intervalo que vai de 0 a 255, e que também é o formato das imagens originais envolvidas na fusão (Vrabel, 1996). Onde cada banda da imagem multiespectral (MSi) é multiplicada pela imagem de alta resolução espacial (PAN) e dividida pelo somatório das bandas multiespectrais (Equação 1):

$$CN = \frac{(MSi + 1) \times (PAN + 1) \times 3}{\sum_i MSi \times 3} - 1 \quad (1)$$

No método de *Gram-SchmidtSpectral Sharpening* (Laben e Brower, 2000) realizou-se a simulação de uma banda pancromática a partir das bandas multiespectrais 6/5/4. Esse procedimento ocorre por meio da obtenção de um grupo de vetores ortogonais independentes com variância quadrática das imagens espectrais, obtidos entre duas bandas de baixa resolução, gerando uma de alta resolução com o menor desvio padrão da média (Oliveira, 1988). Posteriormente, ocorre a transformação de *Gram-Schmidt* à banda pancromática simulada e as bandas multiespectrais, que resulta na primeira banda sendo a pancromática simulada. Logo, é aplicada uma transformação inversa para formar uma imagem sintética de saída que foram reamostradas para o vizinho mais próximo.

A fusão das imagens por *PC Spectral Sharpening* (Welch e Ehlers, 1987) ocorreu com a transformação das bandas multiespectrais 6/5/4 para as componentes principais. No qual, a banda referente a primeira componente principal é substituída pela banda pancromática, cuja resolução é reamostrada para ajustar-se à primeira componente principal, de forma a evitar as distorções na informação espectral. Então uma transformação inversa é executada em que o dado multiespectral foi automaticamente reamostrado pela convolução cúbica para o tamanho de pixel de alta resolução.

2.2. Classificação das Imagens

A classificação das imagens fusionadas foi realizada pelo método supervisionado, no qual se admite conhecida a classe que gerou cada padrão na amostra de modelação. O classificador é treinado para replicar a decisão correta para novas amostras. A seleção de amostras consistiu na escolha de áreas homogêneas que representassem as seguintes classes: mata de galeria, cerrado, urbano, agropastoril, solo exposto e água.

O método adotado foi o de Máxima Verossimilhança (Richards, 1999) que pressupõe que as estatísticas para cada classe em cada banda são normalmente distribuídas e calculadas pela probabilidade de que um determinado pixel pertence a uma classe específica. Cada pixel é atribuído à classe que tem a maior probabilidade de ocorrência (isto é, a probabilidade máxima). Se a maior probabilidade é menor do que um limite especificado, o pixel permanece não classificado.

A partir da classificação supervisionada, procedeu-se a avaliação qualitativa das imagens baseada na análise visual das cores da imagem multiespectral 6/5/4 e das imagens fusionadas e, posteriormente a comparação entre as classificações nos diferentes fusionamentos.

3. Resultados e Discussões

3.1. Resultados da Fusão de Imagens

A fusão das imagens realizadas pelos métodos *HSV*, *Brovey*, *Gram-Schmidt* e *PC Spectral* resultou no aumento da resolução espacial da imagem multiespectral 6/5/4 de 30 m (Figura 4) para 15 m (Figura 5), possibilitando maior qualidade da imagem na definição e distinção dos objetos.

A imagem com a fusão *HSV* (Figura 5) apresentou variação de cor bastante significativa, onde na vegetação demonstrou a tonalidade da cor vermelha mais escura em comparação com a imagem original, proporcionando melhor identificação dos alvos urbanos na área, devido apresentar maior contraste de cores. Enquanto que na imagem fusionada *Brovey* (Figura 5) a cor vermelha e azul permaneceram em tons claros para os alvos de vegetação, urbano e corpos d'água, sendo este último, o alvo de maior destaque na imagem. Luz et. al. (2009) obtiveram resultados similares na aplicação de técnicas de fusão de imagens do sensor ALOS ao analisarem as técnicas *HSV* e *Brovey*. No entanto, Aguiar e Batistella (2013) ao analisarem

técnicas de fusão de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC) verificaram resultados contrários aos adquiridos nesta pesquisa para as fusões *HSV* e *Brovey*.

A melhor conservação das cores se deu nas técnicas de *Gram-Schmidt* (Figura 5) e *PC Spectral* (Figura 5), apresentando tonalidade de cores com maior brilho e mais próximas da imagem multiespectral 6/5/4 (Figura 4), permitindo verificar maior conteúdo de informação e mais detalhes dos alvos como a mata de galeria, cerrado, corpos d'água. Os resultados encontrados corroboram com os de Pesk et. al. (2011) que ao realizarem uma comparação de técnicas de fusão de imagens aplicadas ao sensor Quickbird-2 identificaram que a técnica *Gram-Schmidt* e *PC Spectral* mostraram maior eficiência para a identificação de alvos ao fornecerem melhores resultados em relação à fidelidade espectral e a preservação de melhor contraste da imagem original.



Figura 4. Imagem multiespectral de 30 m em composição colorida RGB (6/5/4).

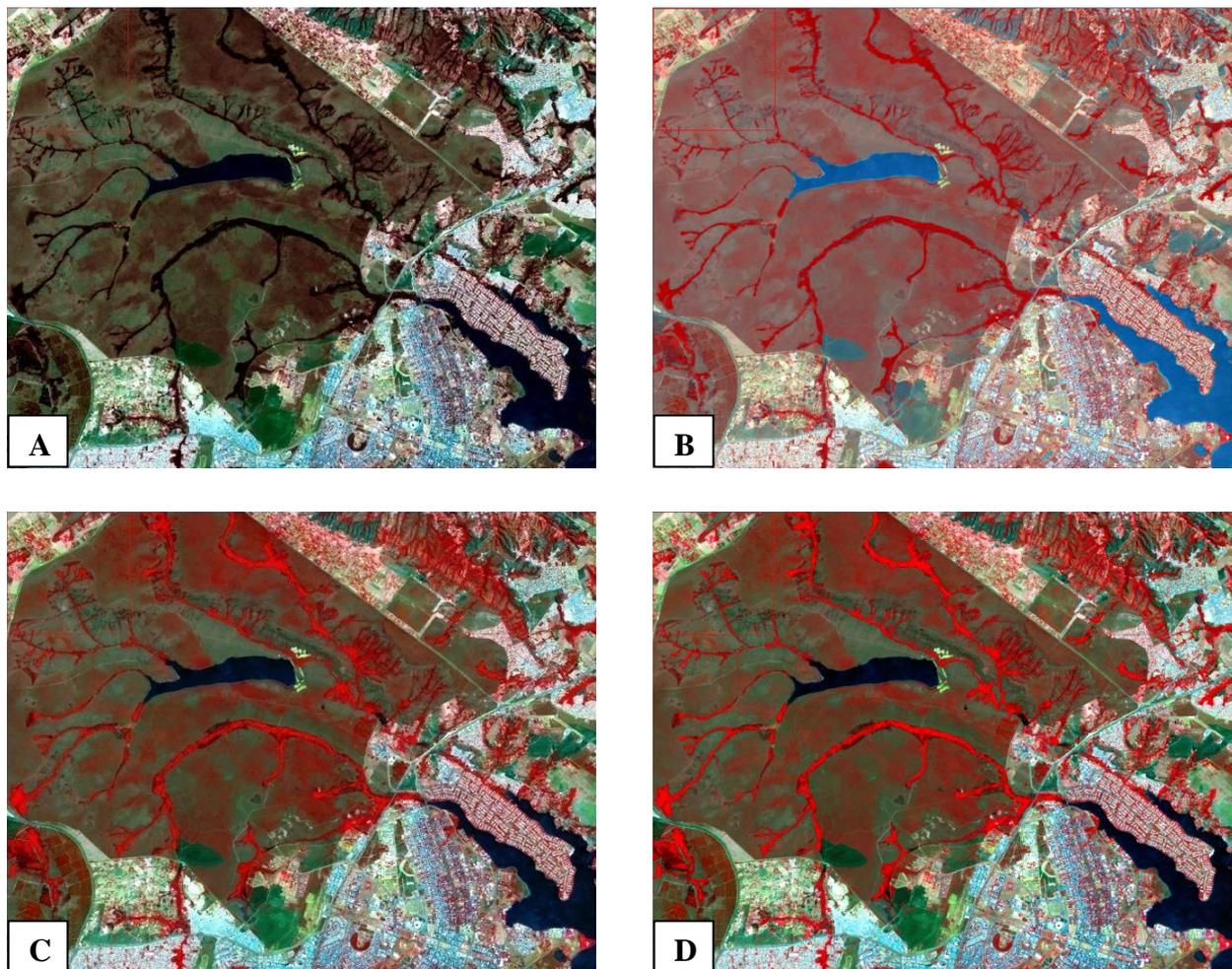


Figura 5. Imagens fusionadas pelos seguintes métodos: *HSV*(A); *Brovey* (B); *Gram-Schmidt* (C) *PC Spectral*(D).

3.2. Resultado da Classificação das Imagens

A classificação supervisionada das imagens fusionadas *HSV*, *Brovey*, *Gram-Schmidt* e *PC Spectral* (Figura 6) procedeu na definição de seis classes: mata de galeria, cerrado, urbano, agropastoril, solo exposto e água. Sendo a mata de galeria definida como vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água. O cerrado engloba os subtipos cerrado denso, cerrado típico, cerrado ralo e cerrado rupestre. A classe agropastoril abrange as culturas agrícolas e as pastagens cultivadas. O solo exposto refere-se a áreas degradadas pela atividade de mineração e com ausência total de cobertura vegetal. A classe de água inclui corpos d'água e reservatórios.

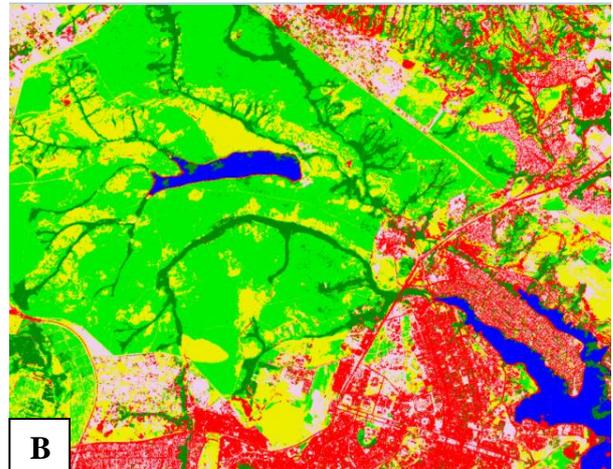
A fusão *HSV* foi o método que obteve maior confusão espectral na classificação da imagem, onde a classe de cerrado apresentou maior confusão com a classe agropastoril. Na imagem fusionada *Brovey* houve pequenas porções da classe cerrado que foram classificadas como sendo área urbana, no entanto, foi a fusão que houve menos confusão em relação a classe de cerrado e agropastoril.

A confusão na classificação das imagens *Gram-Schmidt* e a *PC Spectral* foi detectada nas classes urbano e solo exposto, e nas classes agropastoril e cerrado, principalmente, nas pastagens cultivadas e formações campestre, devido possuírem comportamento espectral semelhante, sendo este resultado obtido tanto para as fusões *HSV* quanto para a *Brovey*. A

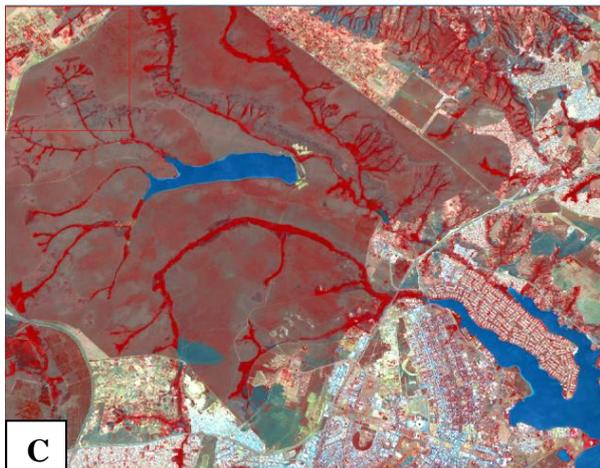
classificação das imagens *Gram-Schmidt* e *PC Spectral* foi similar em ambas as fusões, não apresentando confusões específicas de classificação.



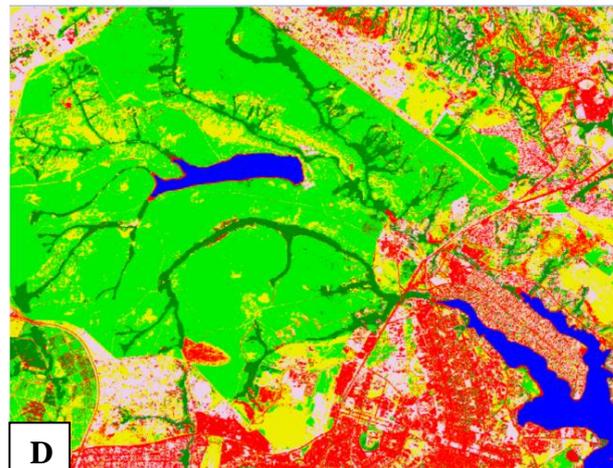
A. Fusão de imagens HSV



B. Classificação Supervisionada das imagens HSV



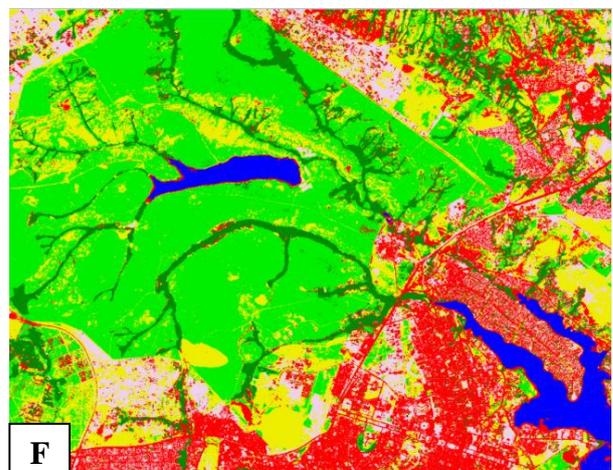
C. Fusão de Imagens Brovey



D. Classificação Supervisionada das imagens Brovey



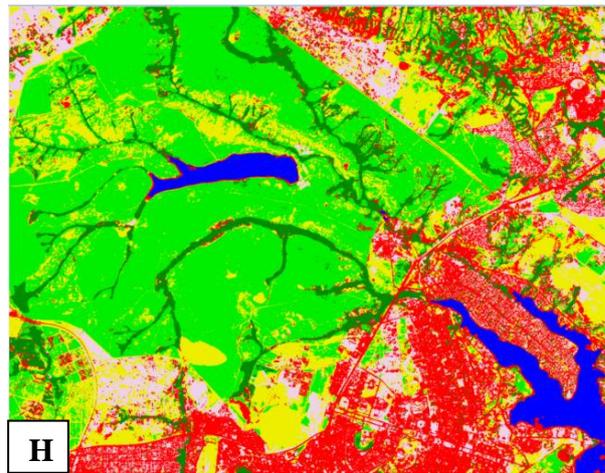
E. Fusão de Imagens Gram-Schmidt



F. Classificação Supervisionada das imagens Gram-Schmidt



G. Fusão de Imagens PC Spectral



H. Classificação Supervisionada das imagens PC Spectral



Figura 6. Imagens fusionadas *HSV* (A); *Brovey* (C); *Gram-Schmidt* (E) e *PC Spectral* (G) e a classificação supervisionada das imagens fusionadas: *HSV* (B); *Brovey* (D); *Gram-Schmidt* (F) e *PC Spectral* (H).

A classificação supervisionada das imagens fusionadas mostra que os resultados obtidos foram melhores nas imagens *Gram-Schmidt* e *PC Spectral* devido essas imagens apresentarem menor confusão espectral das classes, além, de permitir maior individualização das classes.

4. Conclusões

As técnicas de fusão de imagens mais eficiente na aplicação em imagens do sensor OLI Landsat 8 foram a *Gram-Schmidt* e a *PC Spectral* tanto para a fusão de imagens, quanto para classificação supervisionada, obtendo maior qualidade espectral e resolução espacial das imagens, auxiliando na identificação e distinção dos objetos da área estudada.

A classificação supervisionada das imagens fusionadas *HSV*, *Brovey*, *Gram-Schmidt* e *PC Spectral* permitiu identificar seis classes de uso e cobertura da terra do Parque Nacional de Brasília, sendo a cobertura antrópica compreendida pelas classes urbanas, agropastoris e solo exposto e nas áreas com cobertura natural predominam as classes de mata de galeria, cerrado e água. A técnica de classificação supervisionada *Gram-Schmidt* e a *PC Spectral* mostrou ser mais eficiente ao representar a paisagem do Parque Nacional de Brasília, permitindo maior individualização das classes de uso e cobertura da terra.

Referências Bibliográficas

Aguiar, C. R.; Batistella, D. Análise das técnicas de fusão de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 2188- 2192.

Laben, C.A.; Brower, B.V. **Process for Enhancing the Spatial Resolution of Multispectral Imagery Using Pan-Sharpning**, US Patent 6,011,875.2000.

Luz, J.; Rosot, M. A. D.; Rosot, N. C.; Oliveira, Y. M. M.; Garrastazú, M. C. Técnicas de fusão aplicadas a imagem do satélite ALOS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6959-6965.

Meneses, P.R.; Almeida, T. (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPq, 2012. 276 p.

Oliveira, C. **Curso de Cartografia Moderna**. Rio de Janeiro: IBGE, 1988.

Pesck, V. A.; Disperati, A. A.; Santos, J. R. Comparação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird-2. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n.2, p.127-134, 2011.

Richards, J.A. **Remote Sensing Digital Image Analysis**, Springer-Verlag, Berlin,1999.240 p.

Schneider, M.J.; Bellon, O.R.P.; Araki, H. Experimentos em fusão de imagens de alta resolução. **Bol. Ciênc. Geod.**, séc. v. 9, n. 1, p.75-88, 2003. Curitiba.

United States Geological Survey . **Landsat 8**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>. Acesso em: 20 out. 2014.

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

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

Welch, R.; Ehlers, W. Merging Multiresolution SPOT HRV and Landsat TM Data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.53, n.3, p. 301-303,1987.

