

Avaliação de classificadores supervisionados e não supervisionados para mapeamento de uso e cobertura da terra a partir de dados Landsat-8/OLI

Cleiton Messias Rodrigues Abrão¹
Elias Rodrigues da Cunha¹
Eliezer Cece Gregório¹
Vitor Matheus Bacani¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Campus Aquidauana
R. Oscar Trindade de Barros, 740 – Serraria
79200-000 - Aquidauana - MS, Brasil
cleiton.geografo@yahoo.com.br
eliasrodriguesdacunha@hotmail.com
eliezergrego@yahoo.com.br
vitor.bacani@ufms.br

Abstract. The aim of this work was to evaluate the performance of classifiers supervised and unsupervised in Spring software using as reference the image Landsat-8/OLI of 2014. A field test to evaluation corresponds to watershed Desbarrancado river located in the municipalities of Guia Lopes da Laguana and Maracajú in Mato Grosso do Sul, Brazil. Were employed technical and scientific means of Digital Image Processing (DIP) as enhancement to improve the visual quality of the image and supervision and unsupervised classification through software algorithms available. Were performed two classifications for normal color image and the merged (RGB/IHS) with band 8 pansharpen. The first classification was about the image without fusion with spatial resolution of 30 meter and the other with the merged image spatial resolution of 15 meters. Among the classifications made for both without and with fusion, presented the best results was fusion image, due to increased resolution improvement in image quality as color, shape and texture of objects, present in the image which aids in the interpretation of targets and increases the quality indexes before the indexes of accuracy. As the classifiers, the *Bhattachayra* metric up with better results among those chosen for the mapping, and image without fusion and fused.

Palavras-chave: Remote Sensing, Geoprocessing, Spring, Digital Image Processing, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Spring, Processamento Digital de Imagens

1. Introdução

As modificações causadas pelo homem sobre a paisagem vêm sendo pesquisadas de forma ampla por meio do uso das técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Isso é atestado devido ao sensoriamento remoto permitir uma visão sinótica da paisagem trazendo informação que são processadas e transformado em dados utilizados em diversos estudos como, entre esses estudos a interação das ações desenvolvidas pela ação antrópica e seus impactos sobre a natureza (JENSEN, 2009; CREPANI, 2001). Por isso, o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal tem como importância conhecer como a paisagem está sendo ocupada, apropriada pela sociedade em seus diferentes tipos de usos (SILVA, 2009).

Para coletar dados a distância, visualizar e interpretar o uso dos recursos naturais, teve início na década de 1970 o programa Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) coordenado pela Agência Espacial Norte Americana (NASA). O programa Landsat tem por objetivo monitorar os recursos naturais da terra de forma contínua, fornecendo cenas em determinados intervalos de tempo (FLORENZANO, 2011). Atualmente a missão Landsat está na oitava geração (Landsat 8), operando com sensor multiespectral OLI (*Operational Land Imager*) e com sensor termal TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Em relação ao sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) (Landsat-7) houve o acréscimo da banda costal (b 1) e banda cirrus para estudos climatológicos (b 9), além das bandas termais (10 e 11). O sensor OLI apresenta melhorias na resolução radiométrica operando com 16 bits, bem como manutenção da banda 8 (pancromática), cuja resolução espacial é de 15 metros (m), (USGS, 2014a).

Para extrair informações coletadas a partir de imagens orbitais é necessário empregar uma série de conjuntos de técnicas e procedimentos científicos denominados de Processamento Digital de Imagens (PDI) que englobam três etapas principais: técnica de pré-processamento, técnica de realce de imagem e técnicas de classificação de imagem (FLORENZANO, 2011; NOVO, 2010; JENSEN, 2009 e MOREIRA, 2007). A classificação consiste na etapa de identificar, ou seja, rotular os diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal em cada classe temática definida (MOREIRA, 2007).

A classificação das imagens orbitais é feita de forma digital em *software* com algoritmos específicos para o processamento de imagens. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolveu o Spring (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) com intuito de disseminar as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto (SANTOS, PELUZIO e SAITO, 2010). Para a etapa da classificação o *software* conta com vários classificadores supervisionados e não supervisionados divididos por *pixels* ou região.

Partindo destes procedimentos metodológicos, Silva et al. (2011a) utilizou-se de imagens Landsat-5, sensor TM (*Thematic Mapper*) e de técnicas de PDI para realizar mapeamento multitemporal de mudanças ocorridas na paisagem próxima ao perímetro urbano dos municípios de Aquidauana e Anastácio, Mato Grosso do Sul (MS). O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho dos classificadores supervisionados e não supervisionados do Spring 5.1.5, cujo os resultados apontaram melhor desempenho do algoritmo *Bhattacharya* para o mapeamento, bem como a diminuição da cobertura vegetal arbórea com aumento de áreas com pastagem. Baseado em classificações dos algoritmos não supervisionados Kmédias e ISODATA, Silva (2009) mapeou o uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio das Ondas, na Bahia (BA). O algoritmo Kmédias apresentou melhor desempenho, tanto para área natural quanto para as áreas antropizadas da bacia.

Em Oliveira et al. (2014) foi utilizada imagem Landsat 8, sensor OLI para mapear o uso da terra tendo como área teste, um recorte espacial na zona rural do município de Campos Gerais, Minas Gerais (MG). O objetivo foi avaliar o desempenho dos classificadores pelo método de *Mahalanobis*, cuja avaliação pelo Índice *Kappa* e Exatidão Global apresentaram qualidade boa e muito boa.

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho dos classificadores supervisionados e não supervisionados para mapear o uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Desbarrancado, utilizando a imagem Landsat – 8/OLI com resolução espacial de 30 m e imagem fusionada das bandas multiespectrias 4 (B), 5 (G) e 6 (R), com a banda 8, de resolução espacial de 15 m.

2. Procedimentos metodológicos

2.1 Área de estudo

A área teste para este estudo foi a bacia hidrográfica do rio Desbarrancado que possui uma área de 16.440,00 hectares, localizada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul (MS), entre os municípios de Guia Lopes da Laguna e Maracajú, conforme Figura 1.

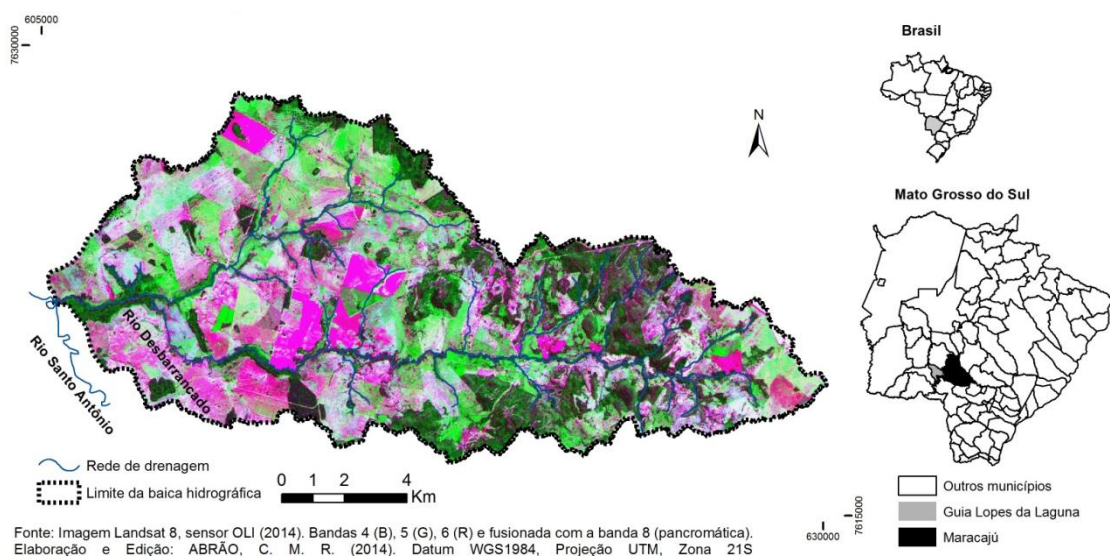


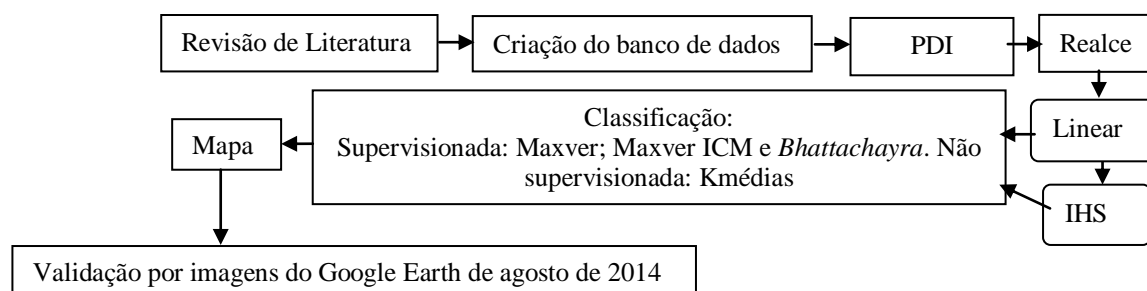
Figura 1. Mapa de localização geográfica da área de estudo.

2.2 Materiais

Imagem do satélite Landsat-8, sensor OLI, com a órbita/ponto 225/75, com data de passagem em 07/04/2014, georreferenciada, extraída do banco de imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2014b). Foram utilizadas as bandas 4 (B), 5 (G) e 6 (R) para gerar a composição colorida, de resolução espacial de 30 m e a banda 8 (pancromática) com resolução espacial de 15 m. As ações da pesquisa foram executadas em ambiente Spring 5.1.8 (CÂMARA et al., 1996) que envolveram desde o PDI até a validação estatística dos mapeamentos. Para elaborar o *layout* dos mapas foi utilizado o ArcGIS 10.2.

2.3 Métodos

Para realização deste trabalho foram adotados procedimentos metodológicos descritos no fluxograma 1.



Fluxograma 1. Procedimentos metodológicos.

O PDI foi realizado conforme os procedimentos técnicos científicos descritos em Florenzano (2011), Novo (2010), Jensen (2009) e Moreira (2007) que se baseiam em três principais etapas: 1ª pré-processamento; 2ª realce e 3ª classificação.

Pré-processamento: esta etapa foi realizada pelo USGS, (*United States Geological Survey*) com as correções geométricas e radiométricas padrão (*Level1T*).

Realce: o emprego teve por finalidade melhorar a qualidade visual da imagem e facilitar o trabalho de interpretação. Após a elaboração de uma composição colorida normal (4B, 5G e 6R), aplicou-se o realce linear, cujas barras dos níveis de cinza são igualmente distribuídos pelo histograma, ampliando o contraste na cena. Em seguida, foi aplicado o método de fusão espectral das referidas bandas com a banda 8 de 15 metros de resolução espacial. A transformação IHS/RGB teve por objetivo reprojeter e ampliar as variações de tonalidade e cor das imagens, aproximando-se da realidade e facilitando a interpretação a partir da intensidade do brilho total (I), matiz do maior comprimento de onda (H) e saturação da cor (S) (SANTOS et al., 2010). Além disso, essa técnica agrega a resolução espacial da banda pancromática com a melhora da resolução espectral das bandas multiespectrais (ADAMI et al., 2007).

Classificação: foram realizadas as classificações supervisionada e não supervisionada na imagem não fusionada com resolução espacial de 30 m e, em seguida, na fusionada. Utilizou-se dois classificadores por região e dois por *pixels*, respectivamente: *Bhattacharya*, Kmédias, Maxver e Maxver ICM (*Iterated Conditional Modes*). Antes de realizar a classificação supervisionada por região foi empregado o método de segmentação por crescimento de regiões da imagem por meio de análises exploratórias com a definição dos limiares de similaridade e áreas com diferentes valores para a imagem não fusionada de 6 e 8 e fusionada de 4 e 6.

O classificador Kmédias (não supervisionado) tem por método classificar de forma conjunta todos os *pixels* como únicos e posteriormente dividi-los de acordo com as diferenças espectrais de forma automática a partir da média e matriz de covariância (MOREIRA, 2007).

O *Bhattacharya* (supervisionado) utiliza as amostras coletadas pelo analista e classifica de acordo com a distância de *Bhattacharya* com análise probabilística pré-definida, utilizando como critério a relação dos *pixels* com seus vizinhos e a similaridade com as informações espectrais dos alvos (MOREIRA, 2007).

Os algoritmos Maxver e Maxver ICM ambos supervisionado utilizam como método a informação espectral e espacial de cada pixel, fornecida pelo analista através da coleta e treinamento. O Maxver busca analisar as informações espectrais, de forma estatística das classes identificadas, utilizando um limiar de aceitação. Enquanto que, além de levar em consideração as diferenças na resposta espectral dos alvos, o Maxver ICM usa a quantidade de amostras para determinar a variação dos seus níveis de cinza nas bandas utilizadas na classificação, bem como a dependência espacial dos alvos (NOVO, 2010; MOREIRA, 2007).

Foram mapeadas 5 classes de uso da terra e cobertura vegetal: vegetação arbórea (mata ciliar e floresta estacional decídua) pastagem (nativa e cultivada), solo exposto, água (rede de drenagem e reservatórios) e agricultura (temporária).

Para avaliar a exatidão dos mapas quanto aos classificadores foram obtidos 40 pontos amostrais adotados como verdade terrestre em imagem de alta resolução espacial, disponível no aplicativo Google Earth (Google Earth, 2014), e organizados em uma matriz de confusão de acordo com os seguintes parâmetros estatísticos: Índice *Kappa* (Eq. 1) e Exatidão Global (Eq. 2).

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (1)$$

$$\text{Acurácia}_{\text{global}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k x_{ii}}{N} \right) \quad (2)$$

Onde \hat{K} : valor estimado Kappa; k : número de linhas; $\sum_{i=1}^k x_{ii}$: soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal ; x_{i+} : soma total das observações para as linhas; x_{+i} : soma total das observações para as colunas e N : número de observações total.

Os valores obtidos pelo Índice *Kappa* para avaliar a confiabilidade e dos mapas, foram comparados a parâmetros estabelecidos por Landis e Koch (1977), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Qualidade de classificação de acordo com Índice *Kappa*

Índice Kappa	Qualidade
0,00	Péssima
1,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: LANDIS E KOCH (1977).

3. Resultados e Discussão

O primeiro mapeamento temático de uso da terra e cobertura vegetal para imagem não fusionada apontou que há predomínio de pastagem na bacia, associada a criação de gado de corte bovino, principal atividade econômica desenvolvida na área visível nas quatro classificações, conforme Figura 2.

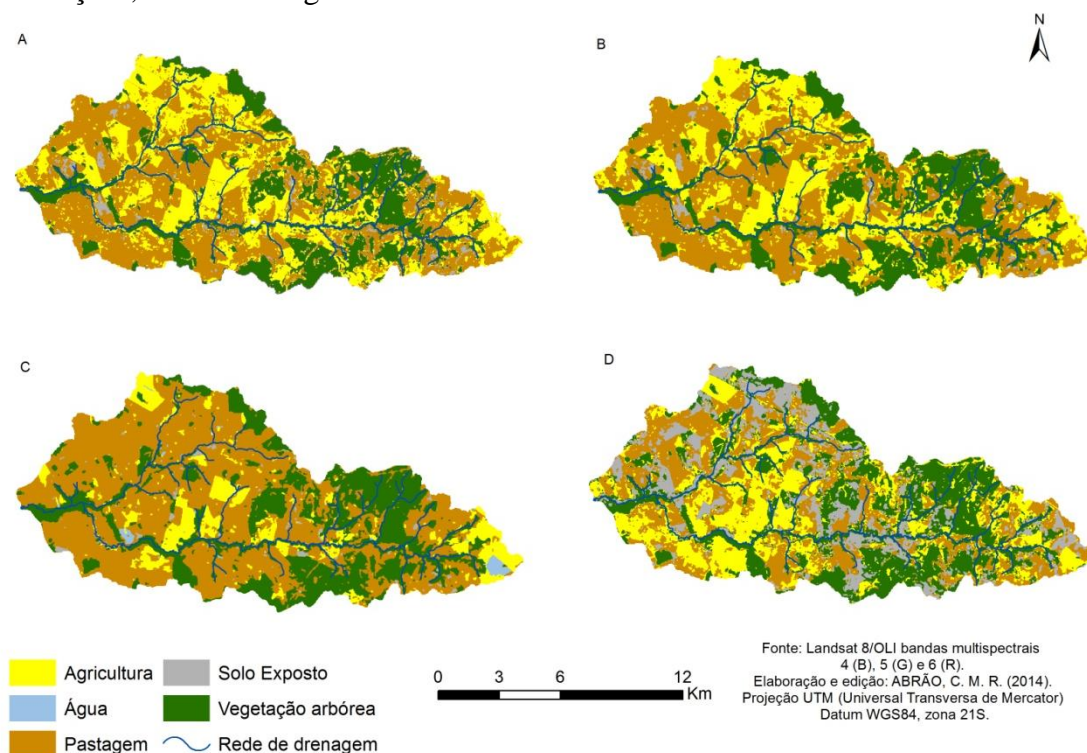


Figura 2. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal obtido a partir da classificação da imagem não fusionada com resolução espacial de 30 m pelos seguintes algoritmos: (A) Maxver, (B) Maxver ICM, (C) *Bhattacharya* e (D) *Kmédias*.

Já para a classificação da imagem fusionada utilizou-se da melhoria na qualidade visual e aumento da resolução espacial para 15 m adquirida através da transformação IHS pela fusão das bandas multiespectrais com a banda 8, conforme resultados de cada classificador podem ser observados na figura 3 abaixo.

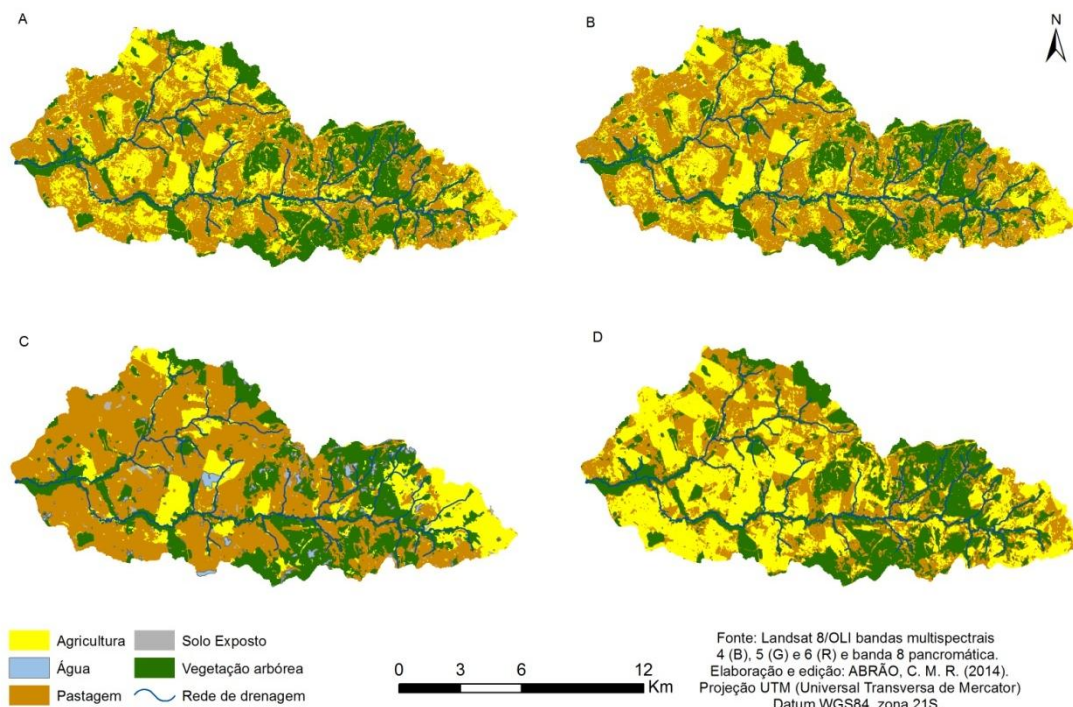


Figura 3. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal classificado a partir da imagem fusionada com resolução espacial de 15 m pelos seguintes algoritmos: (A) Maxver, (B) Maxver ICM, (C) *Bhattacharya* e (D) Kmédias.

De acordo com a avaliação de desempenho aferida pelo Índice *Kappa* e Exatidão Global, a melhor classificação foi gerada pelo algoritmo por região *Bhattacharya*, seguido pelo classificador Kmédias e, por último Maxver e Marver ICM conforme podem ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Desempenho dos classificadores de acordo com a resolução espacial das imagens.

Classificador	Índice <i>Kappa</i>		Exatidão Global		Qualidade
	30 m	15 m	30 m	15 m	
<i>Bhattacharya</i>	0,75	0,78	0,76	0,79	Muito Boa
Kmédias	0,73	0,75	0,71	0,66	Boa
Maxver	0,60	0,62	0,64	0,63	Boa
Marver ICM	0,59	0,61	0,50	0,65	Boa

Destaca-se o bom desempenho do algoritmo *Bhattacharya*, registrando a melhor acurácia de acordo com os parâmetros de avaliação estabelecidos. Resultado semelhante foi obtido no mapeamento da área teste apresentado por Silva et al. (2011a), onde o classificador *Bhattacharya* apresentou melhor desempenho, e foi usado como referência para comparar as mudanças de uso da terra e cobertura vegetal ocorridas na área. O método de classificação por região busca agrupar regiões homogêneas na imagem, considerando as características espectrais, bem como a distribuição espacial dos alvos no terreno (MOREIRA, 2007).

A quantificação das classes mapeadas registrou que a pastagem está presente em 66,5% da área da bacia, seguida pela vegetação arbórea presente nas margens dos cursos d'água,

nascentes e topo de morro com fitofisionomia típica de mata ciliar, floresta estacional decidual (Silva et al., 2011b), conforme pode ser observado na tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Análise quantitativa das classes mapeadas pela classificador *Bhattacharya* na bacia hidrográfica do rio Desbarrancado.

Classes de uso	Área (hectares)	Porcentagem (%)
Pastagem	10.940,00	66,5
Agricultura	720,00	4,3
Solo exposto	260,00	1,8
Água	410,00	2,4
Vegetação arbórea	4.110,00	25,0
Total	16.440,00	100

Os classificador supervisionado Maxver e Maxver ICM foi o que obteve o desempenho mais baixo entre os avaliados, tanto na imagem não fusionada quanto na fusionada. No entanto, apresentaram bons resultados para mapear as classes de vegetação arbórea e agricultura, mas com índices de confusão entre a pastagem e agricultura em ambas as imagens. Isso pode é resultante pelo método como os dois classificadores analisam as amostras coletadas, levando em consideração a semelhança espectral dos *pixels* em relação a sua similaridade com os demais vizinhos, pois a assinatura espectral, forma e distribuição espacial são muito parecidas (MOREIRA, 2007).

Quanto ao desempenho do algoritmo Kmédias, este apresentou resultados satisfatórios para os mapeamentos. No estudo de comparação entre classificadores não supervisionados descrito por Silva (2009), utilizou-se do ISODATA e Kmédias, onde o algoritmo Kmédias foi o que melhor apresentou performance em mapear áreas com profundas alterações causadas pela ação antrópica, e pouca precisão para o mapeamento de áreas naturais. Moreira (2007) salienta que esse classificador comumente é empregado para se saber a quantidade de classes e as variações espectrais dos *pixels* de uma determinada área que se deseja estudar.

4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos e avaliação dos mapeamentos gerados com os diferentes classificadores ficou evidente a potencialidade do uso do algoritmo *Bhattacharya* para o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Desbarrancado, onde há predominância da pastagem no uso da terra.

A imagem classificada a partir da fusão das bandas multiespectrais com pancromática apresentou melhores índices de desempenho perante aos algoritmos utilizados, conforme o nível de qualidade atribuídos pelo Índices *Kappa* e Extensão Global. A técnica de realce por IHS ampliou a qualidade visual da imagem e seus alvos, melhorando a interpretação dos elementos, bem como auxiliando na etapa de classificação, tanto supervisionada, quanto não supervisionada.

O uso do *software* Spring constituiu-se como uma ferramenta de grande potencial para aplicação de procedimentos metodológicos e extração de informações das imagens orbitais, além da forte aptidão para o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.

5. Agradecimentos

A Capes pela concessão da bolsa de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) – Campus de Aquidauana (CPAq).

6. Referências Bibliográficas

Adami, M. et al. Fusão de imagens por IHS para identificação de uso e cobertura do solo em elementos amostrais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13 **Anais...** Florianópolis, 2007. Pag 1 – 8.

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. C. P. **SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling**. *Computers and Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-Jun 1996.

Crepani, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zonamento Ecológico Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 103p.

Florenzano, T. G.. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 128p.

Google Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em 08 de set. de 2014

Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Ephiaphanio et al. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 599p.

Landis, J. R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, n.1, p. 159-174, 1977.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª ed 1ª reimpr. Ed. da UFV, 2007. 320p.

Novo, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387p.

Oliveira T. C. de et al. Avaliação de métodos de classificação utilizando imagem Landsat – 8 no mapeamento de uso e ocupação do solo. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos (CBG), 7, **Anais...** Vitória, 2014.

Santos, A. R. dos.; Peluzio, T. M. de O.; Saito, N. S. **SPRING 5.1.2: passo a passo: aplicações práticas**. Alegre, Espírito Santo: Caufes, 2010. 153p.

Silva, L. F. da et al. Análise do desempenho de classificadores semi-automáticos na detecção de mudanças do uso da terra e cobertura vegetação nos municípios de Aquidauana e Anastácio – MS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, **Anais...**, Curitiba, 2011a. Pag 6666 – 6673.

Silva, J. dos. S. V. da et al. **Projeto GeoMS: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011b.

Silva, R. V. E. **Avaliação de classificadores Não-supervisionados, Isodata e K-means, para o uso da terra na bacia do rio das Ondas**. 2009. 37 f. Monografia (Graduação) Universidade de Brasília (UnB). Brasília, 2009

National Aeronautic and Space Administration (NASA), 2014. Disponível em: <http://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/> acesso em 01 de out. 2014

United States Geological Survey (USGS) 2014a. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>> . Acesso em 01 de out. 2014a

United States Geological Survey (USGS) 2014b. Disponível em: < <http://earthexplorer.usgs.gov/>> acesso em 14 de abr. de 2014b.