



CLASSIFICAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS DE CERRADO A PARTIR DE FUSÃO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Jovan Martins Rios¹ Carolinne de Sousa Fonseca² Alex Mota dos Santos³ Fábio Venturoli⁴

1 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia-GO (jovan.jmr@gmail.com)

2 Graduanda em Engenharia Florestal da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia-GO

3 Professor Doutor da Faculdade de Ciência e Tecnologias da Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia-GO

4 Professor Doutor da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia-GO

RECEBIDO EM: 26/04/2019 – APROVADO EM 23/05/2019 – PUBLICADO EM: 12/06/2019

DOI: 10.18677/TreeDimensional_2019A2

RESUMO

O monitoramento *in loco* da cobertura vegetal do Cerrado se torna inviável devido a grande extensão das áreas. Assim, a alternativa recai sobre métodos indiretos, dos quais inclui o uso de imagens de sensoriamento remoto. O objetivo deste trabalho foi realizar a fusão de imagens do satélite CBERS-4 e analisar o desempenho da utilização da fusão no processo de classificação da vegetação e ocupação do solo na RPDS – Legado Verdes do Cerrado. Foram selecionados os sensores MUX para formar a imagem com falsa-cor RGB e o PAN5m, em seguida o processo de fusão por substituição, pelo método IHS. Os resultados revelaram que a fusão de imagens gerou ganho de qualidade visual e espacial, aprimorando as informações usadas como base para a classificação. O mapa temático teve desempenho geral de 84,83% e confusão média de 15,17 % quando utilizado a fusão, e 77,66% e 22,34% quando utilizado apenas a imagem com composição RGB. A amostragem *in loco* contribuiu para a aquisição dos polígonos amostrais e a correta definição das classes, porém os valores de confusão ainda considerados altos.

PALAVRAS-CHAVE - Sensoriamento remoto, Fusão, CBERS 4, Mapeamento, Cerrado.

CLASSIFICATION OF CLOSED VEGETATION TYPES FROM THE FUSION OF REMOTE SENSING IMAGES

ABSTRACT

On-site monitoring of the Cerrado vegetation cover becomes impracticable due large coverage. The objective of this work was to perform the image fusion of the CBERS-4 satellite and to analyze the performance of the use of the fusion in the process of vegetation classification and soil occupation in the RPDS - Legado Verdes do Cerrado. The MUX sensors were selected to form the RGB false-color image and the PAN5m, followed by the substitution fusion process, using the IHS method. The results revealed that the fusion of images generated a gain of visual and spatial quality, improving the information used as a basis for classification. The thematic map had an overall performance of 84.83% and average confusion of 15.17% when using fusion, and 77.66% and 22.34% when using only image with RGB composition. On-site sampling contributed

to the acquisition of the sample polygons and the correct definition of the classes, but the confounding values still considered high.

KEYWORDS - *Remote Sensing, Fusion, CBERS 4, Mapping, Cerrado.*

INTRODUÇÃO

Conhecer o meio ambiente e a biodiversidade de fauna e flora é extremamente importante para a preservação, gestão e uso racional dos recursos naturais. Considerado um *hotspot* da biodiversidade, o bioma Cerrado é um dos ecossistema mais ricos e ameaçados do mundo, apresentando grande área degradada ou destruída e possuidora de alto grau de endemismos (SLOAN et al., 2014)

O Cerrado ocupa uma área aproximadamente de 2.000.000 km² do território brasileiro (IBGE, 2018), caracterizado por uma vegetação típica com troncos tortuosos, cascas espessas e folhas grossas, esse bioma é composto por três formações: florestais, onde predomina o dossel contínuo ou descontínuo e predomínio de espécies arbóreas; savânicas, com presença de áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo; e campestre, que engloba áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, mas sem a presença de árvores na paisagem, podendo o Cerrado ser classificado em 14 fitofisionomias (RIBEIRO ; WALTER, 2008).

Devido as ameaças constantes ao bioma Cerrado por consequência da alta pressão antrópica, da expansão das fronteiras agrícolas, queimadas e o uso intensivo do solo (MACHADO et al., 2004; ROCHA; VALE, 2017), tem feito necessário o monitoramento, devido a possibilidade de compreender a dinâmica natural da vegetação, identificar, e quantificar as áreas desmatadas, entre outros (BORGES, 2017).

O monitoramento *in loco* da cobertura vegetal se torna inviável devido a grande extensão de cobertura do Cerrado, de modo que o sensoriamento remoto tornou-se a ferramenta mais indicada para monitorar mudanças espaciais e temporais sobre área relativamente amplas (GULERSOY, 2013). Metodologias de processamento de informações geográficas utilizam imagens orbitais como forma de monitorar todo o território do bioma.

Diversas são as técnicas de mapeamento através de imagens de sensoriamento remoto, das quais aquela que envolve a fusão de imagens para ganho de qualidade na resolução espacial. A fusão é o método que possibilita a junção de duas imagens, uma de maior resolução espacial (Pancromática) e outro com menor resolução espacial (Multiespectral), onde ocorre a transferência de informações espectral de uma para outro, gerando assim uma terceira imagem colorida de alta resolução espacial que reúne ambas as características (SILVA, 2018). Assim, o satélite sino-brasileiro CBERS-4 possui a bordo as câmeras pancromática (PAN5m) e a multiespectral (MUX), câmeras de alta qualidade que variam de 5 m à 20 m de resolução (MARTINS et al., 2018).

A utilização simultânea das imagens obtidas pelas câmeras PAN e MUX é denominado processo de fusão de imagens e só é permitido graças a escalonamento de resolução feita pelo CBERS-4. A fusão proporciona a geração de imagem a partir de imagens múltiplas para a melhoria da resolução espacial e manutenção da qualidade espectral (pancromática de alta resolução + multiespectral de menor resolução), permitindo a preservação da resolução espectral, enquanto a resolução espacial mais alta é adicionada, de forma a representar o conteúdo de informações das imagens com maior teor de detalhamento (SCHNEIDER; BELLON ; ARAKI, 2003).

Este trabalho teve como objetivo realizar a fusão de imagens do satélite CBERS-4 e analisar o desempenho na utilização da fusão no processo de classificação da vegetação e ocupação do solo na Reserva Particular de Desenvolvimento Sustentável – Legado Verdes do Cerrado. Foi feita avaliação da qualidade dos resultados por meio de análise visual e por checagem *in loco*.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi a Reserva Particular de Desenvolvimento Sustentável (RPDS) Legado Verdes do Cerrado situada entre as latitudes 14°29'55" S e 14°44'3" S as longitudes 48°28'56" O e 48°24'54" O (Figura 1). A RPDS foi criada em 2012 pela Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) e gerida pela Reservas Votorantim, empresa encarregada de administrar os ativos ambientais da Votorantim S.A., está localizada a 14 km da sede do município de Niquelânia-GO. Possui uma área total aproximada de 27 mil hectares, divididos entre vegetação nativa conservada e a criação convencional de gado, plantio de soja e outra culturas.

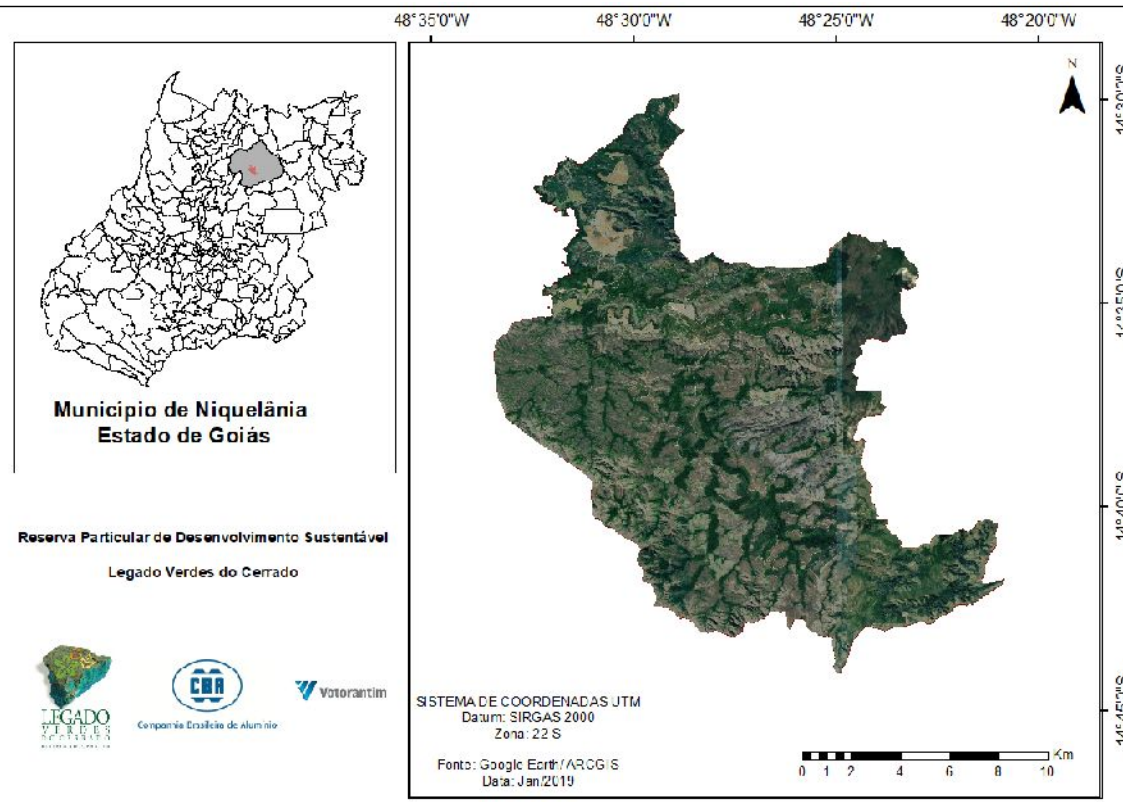


FIGURA 1. Mapa de localização da Reserva de Desenvolvimento sustentável – LVC, Niquelânia, Goiás, Brasil.

Procedimento metodológico

As imagens foram adquiridas junto ao catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cenas correspondente a órbita 159 e ponto 116, do dia 09/09/2018 do satélite CBERS 4. Foram selecionados os sensores PAN5m (banda 1: 0,51 – 0,85 μm) e MUX (banda 6: 0,52 – 0,59 μm ; banda 7: 0,63 – 0,69 μm ; banda 8: 0,77 – 0,89 μm) para formar a imagem com coloração sintética RGB, que consiste na combinação das três bandas multiespectrais com as três cores primárias: vermelho (R-red), verde (G-green) e azul (B-blue) adicionando “falsa-cor”.

Foi feito o processamento de imagem (PDI), georreferenciando a imagem do sensor MUX a partir da imagem PAN5m e em seguida o processo de fusão por substituição pelo método IHS (Intensidade, Saturação e Matiz) com utilização do *software* ArcGis, versão 10.5. O método IHS, possibilita a transformação da imagem composta RGB para o IHS e de IHS para RGB novamente, substituindo o componente principal 1 (banda com maior afinidade) pela pancromática do sensor PAN5m. Esta técnica se limita a apenas 3 bandas na imagem resultante (NAMIKAWA, 2009; MENEZES, 2012), mas não altera os valores radiométricos de nenhuma das bandas originais (JENSEN, 1996). As imagens dispuseram de alta afinidade por coincidirem ser da mesma data de amostragem.

A partir da imagem fusionada foi dado procedimento a classificação “pixel-a-pixel”, permitindo agrupar os pixels em padrões homogêneos com base nas informações de nível de cinza de cada pixel. Foi preciso estabelecer a escala de agrupamentos de pixels por meio de polígonos semelhantes baseado em análises visuais e com auxílio de amostragem *in loco* da vegetação de corbetura.

Após a definição da escala de agrupamentos dos pixels, foi aplicada a classificação dos segmentos por meio do método MAXVER (classificação por máxima verossimilhança) utilizando o software SPRING, versão 5.5.4. (CAMARA et al., 1996). Essa técnica permite que o algoritmo utilize apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para reconhecer padrões e objetos homogêneos em toda a imagem, além de considerar a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, com base em parâmetros estatísticos (MATHER, 2004).

Também foi realizado o mesmo procedimento de classificação para a ocupação do solo, em uma outra imagem com composição RGB que não passou pelo processo de fusão, com a finalidade de parer os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O satélite CBERS 4 permite a utilização simultânea de imagens de alta resolução dos sensores pancromático e multiespectral por possibilitar a gravação simultânea dos imageamentos de todos os sensores a bordo do satélite. O uso dessa tecnologia é importante por ser um projeto sino-brasileiro, a valoração da tecnologia nacional gera destaque para o país e reconhecimento técnico científico a nação.

A combinação de imagens dos sensores PAN5m com o MUX realizada a partir de processo de fusão, gerou ganho de qualidade visual (Figuras 2), além de possibilitar o maior desempenho do classificador MAXVER em comparação a imagem não fusionada (Figura 3 e 4).



FIGURA 2. Representação da qualidade da imagem após o processo de fusão. A = Composição RGB a partir do sensor MUX; B = Imagem fusionada (composição RGB + banda PAN5m).

A classificação resultou em dois mapas temáticos representando as fitofisionomias do Cerrado e a ocupação do solo para a RPDS – Legado Verdes do Cerrado. Foram sete (7) classes relacionadas as diferentes ocupações de uso do solo e uma para sombra, sendo elas: pastagem, agricultura, mata ciliar, cerradão, cerrado típico, mata seca, estradas e sombra. A fusão permitiu melhor nitidez na visualização das classes de interesse, possibilitando a boa qualidade do mapa para a amostragem pixel-a-pixel, proporcionando distinguir alvos que antes não eram possíveis na imagem multiespectral. Silva *et al.* (2018) testaram 6 técnicas de fusão utilizando imagem de satélite GeoEye-1, o método IHS se destacou como sendo o segundo melhor para ganho de qualidade, apresentando vantagem de desempenho por destacar melhor a cobertura vegetal.

Em trabalho de análise da técnica de fusão utilizando imagens GeoEye-1 e avaliando o melhor software para execução, Borges *et al.* (2013) apontaram o método IHS como o mais apropriado para utilização da fusão, com fundamento nas características visuais.

O desempenho da imagem fusionada foi superior a imagem de composição RGB não fusionada, apresentando um menor valor de confusão média (Tabela 1). A discrepância entre os valores do desempenho geral e de confusão média é justificada devido à baixa qualidade da imagem não fusionada, o que provocar maior confusão entre os valores dos pixels. Os valores para o desempenho (Tabela 1) foi considerado aceitável pelos autores em função das dificuldades para o monitoramento preciso e sistemático do bioma Cerrado, como: a grande extensão da área de estudo, a sazonalidade da vegetação, a confusão espectral entre alvos que compõem o Cerrado e da similaridade entre as atividades de manejo de uso do solo.

A amostragem *in loco* contribuiu positivamente para a aquisição de polígonos amostrais e para correta definição das classes, porém os valores de confusão ainda são considerados altos conforme a tabela 1, a abstenção foi nula para todas as classes.

TABELA 1. Valores em porcentagem para o desempenho geral e confusão média, para os mapas temáticos Fusão e Composição RGB.

	Desempenho Geral	Confusão média
Fusão	84,83%	15,17%
Composição RGB	77,66%	22,34%

Para fazer de comparação entre as classificações, foram feitas análises quantitativas das áreas classificadas a partir dos mapas temáticos (Figura 3 e 4) na RPDS e tabulados os valores conforme tabela 2.

TABELA 2. Valores quantitativos para as 8 classes de cobertura vegetal e ocupação do solo na RPDS, mapeadas pelo classificador MAXVER, para o mapa temático fusionado e para a composição RGB.

Classes	Fusão		Composição RGB	
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)
Cerradão	7.802,04	27,89	4.232,94	15,14
Cerrado típico	5.890,00	21,05	8.128,04	29,06
Mata seca	5.447,86	19,47	6.299,78	22,53
Mata Ciliar	4.604,77	16,46	4.430,07	15,84
Agricultura	1.476,58	5,28	1.121,69	4,01
Pecuária	1.131,10	4,04	1.305,05	4,67
Sombra	1.032,68	3,69	1.566,44	5,60
Estradas	592,55	2,12	882,43	3,16

Ao parrear os dados tabulados, é possível notar maior conflito entre as classes Cerradão e Cerrado típico entre as duas classificação. A distinção das diferentes formações vegetais é dificultosa mesmo a nível de campo, devido a amostragem dos pixels das imagens serem guiadas por seres humanos que demarcam as regiões representativas de cada classe (FLORENZANO, 2011), torna a amostragem tendenciosa, mesmo um profissional experiente cometes erros para o treinamento de algoritmos que será extrapolado para o restante da imagem. Erros são cometidos devido a qualidade da imagem, em decorrência do momento temporal, do estado fisiológico da vegetação e por alterações bióticas e abióticas que podem influenciar e causar tendência aos erros de amostragem.

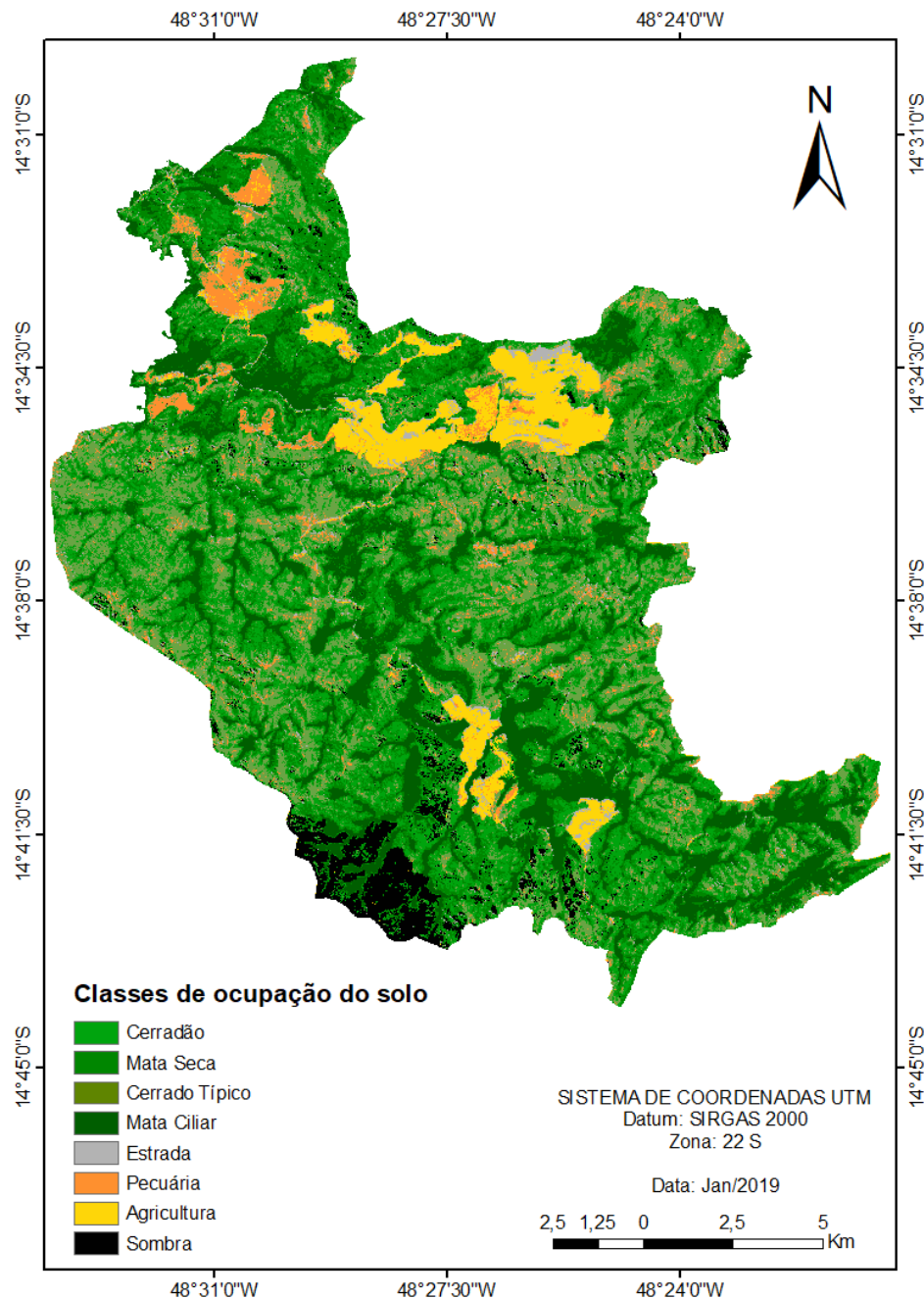


FIGURA 3. Mapa de classificação e ocupação do solo na RPDS, com o uso do processo de fusão de imagem.

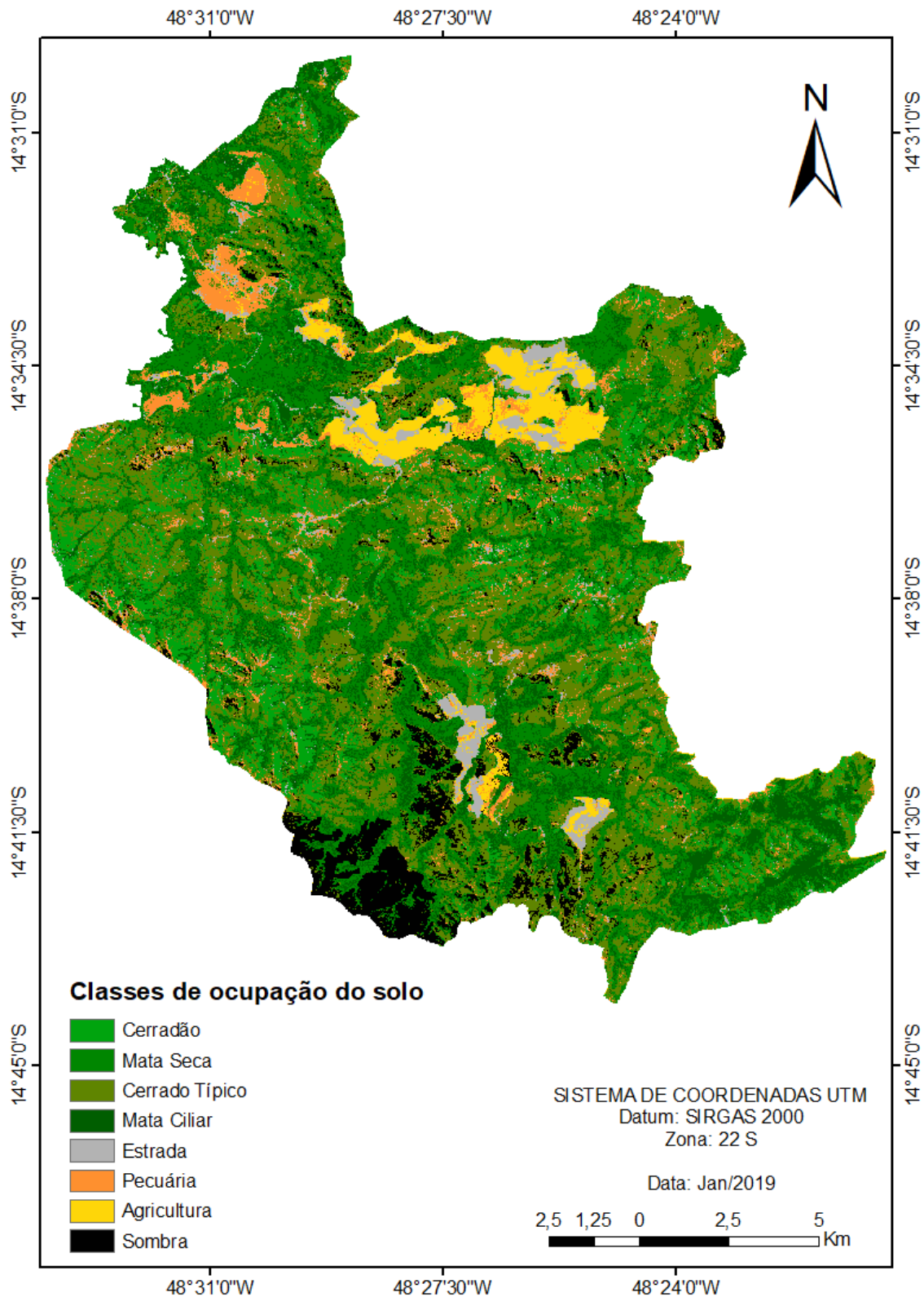


FIGURA 4. Mapa de classificação e ocupação do solo na RPDS, sem o uso do processo de fusão de imagem, utilizando apenas as bandas R, G e B.

CONCLUSÃO

A utilização da técnica de fusão por IHS mostrou-se satisfatória, melhorando o desempenho e a qualidade da resolução espacial. Entretanto, ainda é preciso um mecanismo mais apurado para melhorar a segmentação/classificação, pois a acuracia

visual não permite a distinção das diferentes formações vegetais, causando confusão e permitindo a extrapolação e/ou interpolação das classes devido ao erro de amostragem. Sendo assim, prejudica o monitoramento da flora do Cerrado. Fatores como a sazonalidade da vegetação, a antropização do bioma e similaridade entre as fitofisionomias dificultando o uso de ferramentas de monitoramento remoto.

REFERÊNCIAS

BORGES, M.G.; RODRIGUES, H.L.A.; LEITE, M.E. Mapeamento de fitofisionomias do Cerrado na microrregião de Grão Mogol através de imagens de satélite Landsat 8 e Sentinel-2A. **Revista de Geografia**. v. 6, n. 10, p. 19-30. 2017.

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M. FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**. v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

EVA, H. D.; BELWARD, A. S.; MIRANDA, E. E.; DI BELLA, C. M.; GOND, V.; HUBER, O.; JONES, S.; SGRENZAROLI, M.; FRITZ, S. A land cover map of South America. **Global Change Biology**, v. 10, p. 731-744, 2004.

FLORENZANO, G. T. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. São Paulo, **Oficina de Textos**, p. 128, 2011.

GULERSOY, A.E. Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Arazi Örtüsü/Kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa Merkez İlçesi Örneği (1986-2010). **Turkish Studies: International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic**. v. 8, n. 8, p. 1915-1934. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf> Acesso em: 22 dez. 2018.

JENSEN, J.R. *Introductory Digital Image Processing*. **Prentice-Hall**, Englewood Cliffs, N.J., 1996.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *Relatório técnico não publicado*. **Conservação Internacional**, Brasília/DF, p. 23, 2004.

MARTINS, V. S., SOARES, J. V., NOVO, E. M., BARBOSA, C. C., PINTO, C. T., ARCANJO, J. S., & KALEITA, A. Continental-scale surface reflectance product from CBERS-4 MUX data: Assessment of atmospheric correction method using coincident Landsat observations. **Remote Sensing of Environment**, v. 218, p. 55-68, 2018.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 3 ed. Chichester: John Wiley&Sons. P. 324. 2004.

MENESES, P. R. Modelos de cores aplicados às imagens. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Orgs.). *Introdução ao processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. [E-book] Brasília, 2012.

NAMIKAWA, L.M. **Fusão de Imagens do satélite CBERS-2B no SPRING**. Disponível

em: <<http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=fusaohrcccdcbbers2b:exemplo>> Acesso em: 04 jun. 2019

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. **Ecologia e Flora**. Brasília: EMBRAPA. v. 1, p. 152-212, 2008.

ROCHA, A.A.M.; VALE, V.S. Diversidade alfa e beta de comunidades vegetais de Cerrado remanescentes nas beiras de estradas das margens de rodovias. **n. V. 6, n. 13, p. 1-12.** 2017.

SILVA, A.A.; GRIGIO, A.M.; PARANHOS FILHO, A.C. Avaliação de técnicas para fusão de imagens de satélite com alta resolução – satélite Geoeye-1. **Caderno de Geociências**, v. 14, n. 1-2. 2018.

SCHNEIDER, M. J., BELLON, O. R. P., & ARAKI, H. Experimentos em fusão de imagens de alta resolução. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 9, n. 1, 2003.

SLOAN, S.; JENKINS, C.N.; JOPPA, L.N.; GAVEAU, D.L.A. & LAURENCE, W.F. Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots. **Biological Conservation**, v. 177, p. 12-24. 2014.