INFLUÊNCIA DA EXPANSÃO DAS ÁREAS DE SOJA NA MUDANÇA DE COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES, BAHIA

Andeise Cerqueira Dutra[1], Denis Corte Vieira[1], Bruno Montibeller[2], Maurício Alves Moreira[1], Ieda Del'Arco Sanches[1], Yosio Edemir Shimabukuro[1]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Caixa Postal 515 - 12227-010, São José dos Campos - SP, Brasil
{andeise.dutra, denis.vieira, mauricio.moreira, ieda.sanches, yosio.shimabukuro}@inpe.br
[2] Department of Geography, University of Tartu, Vanemuise 46, 51003, Tartu, Estonia
bruno.montibeller@ut.ee

RESUMO

A região do MATOPIBA se tornou uma das maiores fronteiras agrícolas brasileiras, com intensa produção de soja, principalmente no bioma Cerrado. Este estudo teve como objetivo mapear plantios de soja e vegetação nativa (VN) nos anos de 2007, 2014 e 2017, verificando o impacto na mudança da cobertura da terra (CT) em Luís Eduardo Magalhães, Bahia. Séries temporais de imagens de satélite foram classificadas por meio da interpretação visual, resultando em mapas de CT. Para o ano de 2017, a técnica de classificação GEOBIA também foi aplicada em uma imagem. Os resultados evidenciaram uma redução de 19,2% na área de VN e um aumento de 13,7% na área de soja. O resultado do classificador GEOBIA apresentou um desempenho inferior quando comparado com o resultado da interpretação visual. Essa diferença sugere que a abordagem temporal é a mais adequada para alvos que apresentam alta dinâmica temporal.

Palavras-chave — Mudança de cobertura da terra, Landsat-8, GEOBIA, multitemporal.

ABSTRACT

The MATOPIBA region has become one of the largest Brazilian agricultural frontiers, with intense soybean production, mainly in Cerrado biome. The objective of this study was to map soybean and native vegetation (NV) plantations in the years 2007, 2014 and 2017, to verify the impact of soybean expansion on land cover change in municipality of Luís Eduardo Magalhães, Bahia. Time series of satellite images were sorted by visual interpretation, resulting in CT maps. For the year 2017, the GEOBIA classification technique was also applied in an image. The results showed a reduction of 19.2% in NV area and a 13.7% increase in soybean area. The result of GEOBIA classifier presented inferior performance when compared to the result of the visual interpretation. This difference suggests that the temporal approach is best suited for targets with high temporal dynamics.

Key words — *Land cover changes, Landsat-8, GEOBIA, multitemporal.*

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja é a principal oleaginosa produzida e consumida mundialmente, sendo também o principal produto do agronegócio brasileiro [1]. No Brasil, novas cultivares e avanços da cultura permitiram que o país atingisse o segundo lugar no mundo entre os maiores produtores de soja [2].

Como estratégia para gerar novas regras sustentáveis para o cultivo e a comercialização da soja, em 2006 foi firmado o acordo conhecido como a Moratória da soja, que teve por objetivo inibir a comercialização ou financiamento desta cultura oriunda de áreas desmatadas no bioma Amazônia após julho de 2008 [3, 4, 5]. Neste cenário, a expansão de áreas para a produção de soja foi prevista, principalmente, sobre áreas de pastagens degradadas do bioma Cerrado [4, 6].

Nos últimos anos, a região entre os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (acrônimo MATOPIBA) se tornou o maior exemplo referente ao movimento de migração das fronteiras agrícolas [7, 8], e por isto continua atraindo a atenção da mídia nacional [9], como ocorre na região oeste do estado da Bahia. Entretanto, a escassez de políticas contra o desmatamento no Cerrado tem favorecido altas taxas de conversão das áreas nativas em lavouras [10].

O uso de dados de sensoriamento remoto para o monitoramento de culturas agrícolas, bem como a expansão das áreas cultivadas, é de grande importância para agricultura [11] e para o uso sustentável dos recursos naturais. Neste sentido, séries temporais de imagens orbitais apresentam notoriedade na identificação de alvos agrícolas. Com conhecimento a priori dos padrões fenológicos durante as fases de desenvolvimento das espécies cultivadas e da sua diferenciação espectro-temporal, é possível identificar áreas agrícolas de outras classes vegetais [12]. Adicionalmente, a utilização de métodos computacionais relacionados ao processamento digital de imagens para classificação de culturas agrícolas tem agilizado e facilitado a interpretação de alvos [8, 13].

Este estudo teve como objetivo mapear plantios de soja e vegetação nativa do Cerrado nos anos de 2007, 2014 e 2017, verificando o impacto na mudança da cobertura da terra em Luís Eduardo Magalhães, Bahia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Luís Eduardo Magalhães (LEM), localizado na porção oeste do estado da Bahia, com latitude de 12º 05' 58" Sul e longitude de 45º 47' 54" Oeste (Figura 1). A área do município é de aproximadamente 4.245 km² e está inserido no bioma Cerrado [14]. LEM destaca-se pela sua intensa transformação impulsionada pela produção agrícola, considerada como uma área bem-sucedida no cenário agrícola nacional [9], motivo que justifica sua escolha como área de estudo.

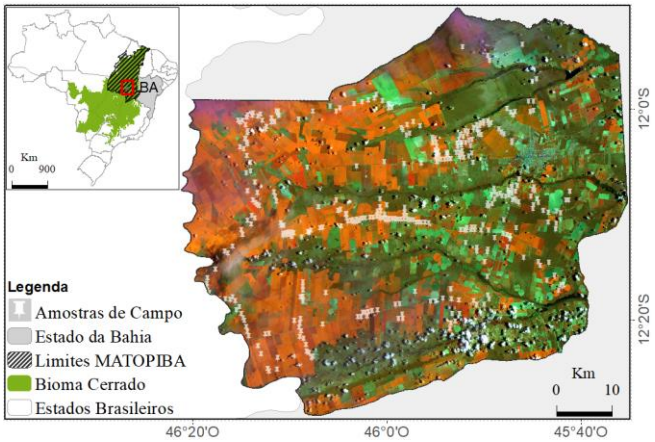


Figura 1. Representação da área de estudo no estado da Bahia juntamente com as amostras coletadas em campo.

Foram obtidas imagens orbitais dos sensores OLI (*Operational Land Imager*), ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) e TM (*Thematic Mapper*), a bordo dos satélites Landsat 8, Landsat 7 e Landsat 5 respectivamente, referentes à orbita 220 e pontos 068 e 069. A resolução espacial e temporal das imagens é de 30 m e 16 dias, respectivamente. Todos os dados foram adquiridos em reflectância de superfície para o período de janeiro a março dos anos de 2007, 2014 e 2017. As cenas foram obtidas na plataforma *EarthExplorer* (https://earthexplorer.usgs.gov/), da *USGS* (*United States Geological Survey*).

Para este trabalho, duas abordagens de classificação foram adotadas: (i) baseada na interpretação visual de séries temporais de imagens para todos os anos; (ii) baseada na classificação de imagens orientada a objetos geográficos (GEOBIA) para uma única cena referente ao ano de 2017 (Figura 2).

Para a interpretação visual (i), os meses de janeiro a março foram analisados por compreenderem o período de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura da soja, [15]. A composição colorida falsa cor adotada foi resultante da associação das faixas espectrais do infravermelho próximo, médio e vermelho com os filtros vermelho (R), verde (G) e azul (B), respectivamente.

A interpretação visual foi baseada em parâmetros como formato, distribuição espacial, textura e cor dos alvos. Como suporte, foram observados os perfis temporais do NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index)* disponibilizados pela plataforma web SATVeg (Sistema de Análise Temporal da Vegetação) [16].

Para a abordagem (ii), foi utilizado o *plugin* GeoDMA (*Geographical Data Mining Analyst)* implementado no aplicativo computacional *TerraView 4.2.2*. O *plugin* permite a extração de informações espaciais e espectrais para a classificação de imagens orientadas a objetos geográficos (GEOBIA: *GEographic Object-Based Image Analysis*) [17].

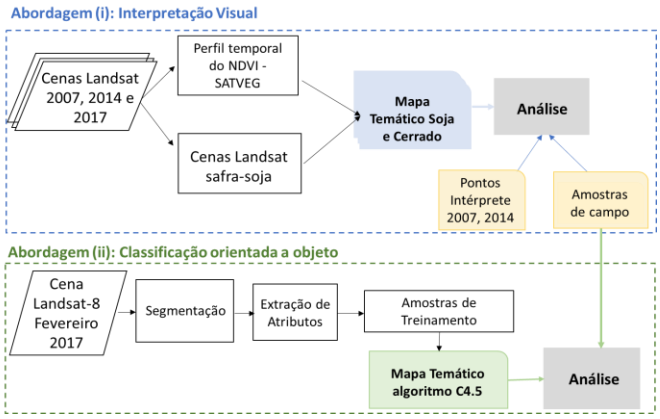


Figura 2. Fluxograma metodológico.

Para este procedimento definiu-se a imagem referente ao mês de fevereiro, pela menor incidência de nuvens, para a aplicação do algoritmo de segmentação baseado no processo de multiresolução, cujos parâmetros adotados foram: escala, tonalidade e forma [18]. Diversos limiares foram testados e o melhor resultado da segmentação foi obtido para os valores de 50, 40 e 30 nos três parâmetros adotados, respectivamente. Posteriormente, foi realizada a extração de métricas estatísticas básicas e atributos espectrais para cada segmento obtido.

A utilização de árvores de decisão permite identificar quais os atributos que melhor contribuem para o reconhecimento de padrões para cada classe. Por sua vez, o algoritmo de classificação C4.5 inserido no *plugin* necessita da indicação de amostras representativas das classes de interesse para treinamento do modelo. Para isso, foram coletadas amostras para a classe "Soja" e "Cerrado", na própria interface do *TerraView*.

Para validação dos mapas temáticos obtidos pela abordagem (i) nos anos de 2007 e 2014, foram gerados 390 pontos aleatórios que, posteriormente, foram classificados com auxílio de um intérprete independente, utilizando a mesma base de dados e metodologia empregadas no mapeamento.

Para os mapas temáticos de 2017 gerados pela abordagem (i) e (ii), foram utilizadas 333 amostras coletadas *in situ* [19]. Deste conjunto de amostras, as classes 'Cerrado' e 'Soja' foram representadas por 113 e 220 amostras, respectivamente (Figura 1).

Com as matrizes de confusão geradas para cada mapa temático, foram calculadas a concordância dos coeficientes Kappa (*k*), Exatidão Global (EG), Exatidão do Produtor e Exatidão do Consumidor.

3. RESULTADOS

A Figura 4 apresenta os mapas temáticos gerados por interpretação visual para o município de LEM para os três períodos. A abordagem espaço temporal possibilitou identificar a expansão da cultura da soja neste município e, do mesmo modo, a intensa redução das áreas de vegetação nativa do bioma Cerrado nos últimos dez anos.

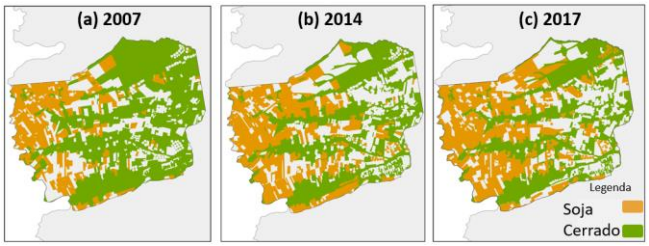


Figura 3. Classificações anuais de Soja e Cerrado no município de Luís Eduardo Magalhães -BA.

Em 2007, cerca de 54,5% do território de LEM era recoberto por vegetação nativa, havendo redução para 37,7% em 2014 e atingindo em 2017 a cobertura total de 35,4%. Em contrapartida, no ano de estudo inicial, a soja era cultivada em 21,6% da área total do município, com acréscimo para 31,9% em 2014 e apresentando em 2017 uma área cultivada total de 35,3% (Tabela 1).

Tabela 1. Área das classes Cerrado e Soja para os mapas temáticos.

	Área (km²)		
	2007	**2014**	**2017**
Cerrado	2.314,44	1.600,95	1.501,23
Soja	915,20	1.352,78	1.497,36

Espacialmente este fato pode ser observado nas áreas de vegetação nativa e que foram mapeadas como plantios de soja nos anos analisados (Figura 4). A maior expansão dos plantios ocorreu entre 2007 e 2014, apresentando a média de aproximadamente 102 km²/ano de VN convertidas para a cultura, com posterior redução para 33,24 km²/ano entre 2014 e 2017. Embora a escassez de políticas contra o desmatamento no bioma favoreçam novos mecanismos para conversão de florestas em plantações agrícolas [20, 21], alternativas em direção ao desenvolvimento tecnológico e à intensificação agrícola têm favorecido o aumento da produtividade das culturas sem a incorporação de novas áreas [6], o que pode ter favorecido a redução na supressão de VN nos últimos anos do estudo.

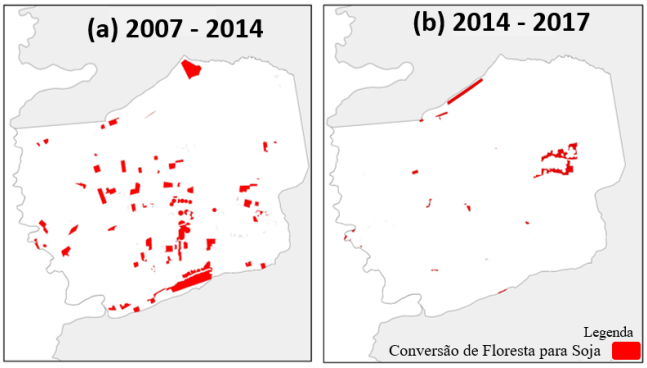


Figura 4. Mudança de cobertura de Cerrado para soja entre os anos de 2007 e 2014 (a), 2014 e 2017(b).

Em relação à abordagem por GEOBIA, nota-se que as distribuições espaciais das classes são similares à classificação por interpretação visual (Figura 5). Entretanto, uma etapa de edição manual se torna necessária para a classificação final, a fim de reduzir possíveis erros de omissão e inclusão.

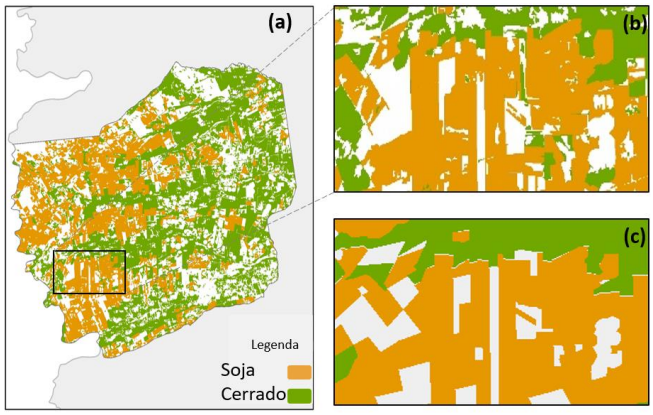


Figura 5. Classificação por GEOBIA referente à 2017 (a); detalhe do mapa por abordagem ii (b) e i (c).

Com a avaliação dos mapas temáticos gerados, constatou-se que, baseada em uma área com menor incidência de nuvens, a classificação por GEOBIA obteve *k* de 0,74 e EG de 0,87, sendo inferior aos resultados obtidos por interpretação visual, que obteve *k* e EG igual a 1,0 (Tabela 2).

Tabela 2. Matriz de confusão dos resultados em função dos diferentes métodos de estimativa de área de cerrado e soja e seus respectivos valores dos índices Kappa (*k*) e Exatidão Global (EG).

		Cerrado	Soja	Outros	∑	
		Pontos Intérprete 2007				
Visual 2007	Cerrado	126	0	9	126	*k*=0,87 EG=0,94
	Soja	0	241	14	241	
	∑	126	241	23	390	
		Pontos Intérprete 2014				
Visual 2014	Cerrado	132	1	3	136	*k*=0,90 EG=0,95
	Soja	0	240	14	254	
	∑	132	241	17	390	
		Pontos de Referência 2017				
Classificador 2017	Cerrado	109	38		147	*k*=0,74 EG=0,87
	Soja	0	146		146	
	∑	109	184		**293**	
Visual 2017	Cerrado	113	0		113	*k*=1 EG=1
	Soja	0	220		220	
	∑	113	220		**333**	

Atribui-se que o pior desempenho do algoritmo de classificação está relacionado ao uso de apenas uma única data. Em contrapartida, na classificação por interpretação visual do referido ano, fez-se uso de uma série multitemporal de imagens e do perfil temporal do NDVI, o que proporcionou ao intérprete a melhor diferenciação entre as classes de "Cerrado" e de "Soja".

Em geral, os resultados obtidos por interpretação visual apresentaram elevada acurácia. O produto obtido por GEOBIA, quando comparado ao obtido por interpretação visual, apresentou maior porcentagem de erros associados à inclusão da classe "Soja" como "Cerrado" (Tabela 3).

Tabela 3 - Exatidão e erro do ponto de vista do produtor e consumidor para a classe cerrado e soja (%).

	Classe	Exatidão Produtor	Erro Omissão	Exatidão Consumidor	Erro Inclusão
Visual 2007	Cerrado	100,00	0,00	93,33	6,64
	Soja	100,00	0,00	94,50	5,50
Visual 2014	Cerrado	100,00	0,00	97,05	2,95
	Soja	99,58	0,42	94,48	5,52
Classificador 2017	Cerrado	100,00	0,00	74,15	25,85
	Soja	79,34	20,64	100,00	0,00
Visual 2017	Cerrado	100,00	0,00	100,00	0,00
	Soja	100,00	0,00	100,00	0,00

5. CONCLUSÕES

Foi evidenciado que a expansão da soja foi um fator impactante para as mudanças de cobertura da terra no município de Luís Eduardo Magalhães-BA entre os anos de 2007 e 2017. A retirada da vegetação nativa gera diversos impactos ambientais, como a perda da biodiversidade e consequente redução do fornecimento de serviços ecossistêmicos. Sendo necessário, portanto, um maior direcionamento de políticas ambientais que contemplem o bioma Cerrado.

Em relação ao uso de classificadores para mapeamentos agrícolas, sugere-se a utilização de uma abordagem temporal, visto que são alvos que apresentam grande variação sazonal.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão de bolsa.

7. REFERÊNCIAS

[1] Brum, A. L.; Heck, C. R.; Lemes, C. L. e Müller, P. K., "A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000". Congresso da Sober em Ribeirão Preto, 43, 2005.

[2] FAOSTAT, F.A.O., Statistical databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014.

[3] ABIOVE. Moratória da Soja. Disponível em http://www.abiove.org.br/site. Acesso em: 20 nov de 2017.

[4] Hirakuri, M.H.; Castro, C.D.; Franchini, J.C.; Debiasi, H.; Procopio, S.D.O. e Balbinot Junior, A.A., "Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil". Embrapa Soja, 2014.

[5] Nepstad, D.; Mcgrath, D.; Stickler, C.; Alencar, A.; Azevedo, A.; Swette, B.; Bezerra, T.; Digiano, M.; Shimada, J.; Da Motta, R.S. e Armijo, E., "Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains", *Science*, v.344, n.6188, pp.1118-1123, 2014.

[6] Almagro, A., Oliveira, P.T.S., Nearing, M.A. e Hagemann, S., "Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil", *Nature Scientific Reports*, v.7, n.1, pp.8130, 2017.

[7] Esquerdo, J.C.D.M.; Coutinho, A.C.; Sanches, L.B.; Ribeiro, B.D.O.; Zakharov, N.Z.; Terra, T.N; Manabe, V.D. "Dinâmica da agricultura anual na região do Matopiba". Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015.

[8] Santos, C. C. M. "Oeste da Bahia: modernização com (dês)articulação econômica e social de uma região". Revista Ciências da Bahia, v.31, 17-49, 2007.

[9] Nolte, C., De Waroux, Y.L.P.; Munger, J.; Reis, T.N. e Lambin, E.F., "conditions influencing the adoption of effective anti-deforestation policies in south america's commodity frontiers", *Global Environmental Change*, v.43, pp.1-14, 2017.

[10] Pires, G.F.; Abrahão, G.M.; Brumatti, L.M.; Oliveira, L.J.; Costa, M.H.; Liddicoat, S.; Kato, E. e Ladle, R.J., "Increased climate risk in Brazilian double cropping agriculture systems: Implications for land use in Northern Brazil", *Agricultural and forest meteorology*, v.*228*, pp.286-298, 2016.

[11] Adami, M.; Rudorff, B. F. T.; Freitas, R. M.; Aguiar, D. A.; Sugawara, L. M.; Mello, M. P. "Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil". Sustainability, v.4, 574-585, 2012.

[12] Silva Junior, C.A.; Frank, T.; Rodrigues, T. "Discriminação de áreas de soja por meio de imagens EVI/MODIS e análise baseada em geo-objeto". Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental-Agriambi, 18, 44-53, 2014.

[13] Bernardes, T.; Adami, M.; Formaggio, A. R.; Moreira, M. A.; França, D. A; Novaes, M.R. "Imagens mono e multitemporais MODIS para estimativa da área com soja no Estado de Mato Grosso". Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, 1530-1537, 2011.

[14] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografa e Estatística. Banco de Dados Agregados. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso: em: 15 nov. 2017.

[15] CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Banco de Dados Agregados. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1644 &t=2>. Acesso: em: 15 nov. 2017.

[16] Embrapa Informática Agropecuária - EMBRAPA, "Satveg - sistema de análise temporal da vegetação, 2016. Disponível em: <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/login.html>.

[17] Korting, T. S.; Fonseca, L. M.; Escada, M. I. S.; Silva, F. C.; Silva, M. P. S. "GeoDMA: a novel system for spatial data mining". IEEE International Conference on Data Mining Workshops, 2008.

[18] Baatz, M.; Schäpe, A. "Multiresolution Segmentation – An Optimization Approach for High Quality Multi-scale Image Segmentation". Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, v.12, pp. 12-23, 2000.

[19] Sanches, I. D.; Feitosa, R. Q.; Achanccaray P.; Montibeller, B.; Luiz, A. J. B.; Soares, M. D.; Prudente, V. H. R.; Vieira, D. C.; Maurano, L. E. P. "LEM benchmark database for tropical agricultural remote sensing application". The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. 42, 387-392, 2018.

[20] Stefanes, M.; Roque, F. De O.; Lourival, R.; Melo, I.; Renaud, P. C. e Quintero, J. M. O., "Property size drives differences in forest code compliance in the brazilian Cerrado", *Land Use Policy*, v. 75, n..11/2016, pp. 43–49, 2018.

[21] Soares-Filho, B.; Rajão, R.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H. e Alencar, A., "Cracking Brazil ' s forest code", *Science*, v. 344, n. 4, pp. 363-364, 2014.