

Avaliação do mapeamento das lavouras de soja em Mato Grosso na safra 2010/2011 realizado pelo projeto Soja Sat

Michel Eustáquio Dantas Chaves¹
Marcelo de Carvalho Alves¹

¹ Universidade Federal de Lavras - UFLA
Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras - MG, Brasil
medchaves@posgrad.ufla.br; marcelo.alves@deg.ufla.br

Abstract. The State of Mato Grosso is characterized by soybean cultivation in summer seasons. As the agricultural sector has an important participation in economy, the implementation of monitoring and systematic mapping tools is important for the strategic planning. Facing this demand, the connection of field data, orbital data and geostatistical techniques appears as a tool in the attempt to ensure accuracy of the generated information. This paper presents and evaluates the Soja Sat initiative, which aimed to map the areas cultivated with soybeans in Mato Grosso between the 2000/2001 and 2010/2011 harvests. A combination of field data, which was obtained in partnership with Bom Futuro SA Group, daily vegetation data, which was derived from the Enhanced Vegetation Index (EVI) derived from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), that is sensitive to biomass variations during the phenological cycle and geostatistical techniques were used. The period of analysis for validation involved the 2010/2011 harvest due to the relevance in the production and the availability of geographical delimitation. Aiming at validating and demonstrating the accuracy of the mapping, 5 agglomerates of farms were chosen for reference. Subsequently, from a point analysis of the soybean plots and a reference map that is derived from the TerraClass project, reliability indexes were generated through a confusion matrix. The results obtained presented high agreement with the field data. The Global Accuracy (0.92) and the Kappa Index (0.84) indicated that the proposed method was efficient for the mapping soybean crops in the 2010/2011 harvest in Mato Grosso.

Palavras-chave: remote sensing, geoprocessing, Modis, classification, validation, accuracy, sensoriamento remoto, geoprocessamento, Modis, classificação, validação, exatidão.

1. Introdução

O avanço da agricultura no Estado de Mato Grosso intensificou a busca por informações confiáveis sobre a extensão e distribuição espacial dos cultivos no monitoramento sistemático da produção. Dada a grande extensão da atividade agrícola nessa região e sua importância econômica, o desenvolvimento e a implementação de ferramentas de monitoramento e mapeamento sistemático das lavouras é imprescindível.

Informações específicas e confiáveis dos cultivos podem auxiliar as entidades de organização e planejamento, que dependem de maior precisão para adotar medidas adequadas de manejo e de políticas de apoio, evitando especulações de estoques e de preços. Entretanto, devido à grande extensão das lavouras, isto nem sempre é possível.

Em função disso, ressalta-se a importância da união entre dados precisos, coletados *in loco*, e dados derivados de sensoriamento remoto, capazes de aprimorar o entendimento acerca das sazonalidades e tendências dos ciclos fenológicos, por meio do fornecimento de dados relacionados ao estado da vegetação; favorecendo a identificação e o monitoramento.

Entre os sensores utilizados para identificar e monitorar áreas agrícolas, destaca-se o *Moderate Resolution Spectroradiometer* (MODIS), por apresentar resoluções espaciais e temporais compatíveis com a dinâmica da agricultura e o tamanho das lavouras. Estudos recentes utilizaram imagens derivadas do referido sensor para identificar e monitorar a soja em Mato Grosso (Zhu et al., 2016; Arvor et al., 2011; Dubreuil et al., 2008).

Inserido neste contexto, o projeto Soja Sat, ainda em desenvolvimento, representa uma iniciativa de monitoramento de áreas de soja em Mato Grosso. Até aqui, foram monitoradas as safras entre 200/2001 e 2010/2011, com o aporte da combinação entre dados orbitais derivados do sensor MODIS e técnicas geoestatísticas, tendo como princípio fundamental a

análise de perfis temporais do *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e a aplicação das técnicas de krigagem binomial e gaussiana para determinar as áreas cultivadas e a produtividade da safra.

Diante desse cenário, o objetivo do presente estudo foi avaliar, por meio de análises estatísticas sobre dados coletados em campo, a exatidão do mapeamento temático realizado pelo projeto Soja Sat para identificar as áreas cultivadas com soja no Estado de Mato Grosso, região Centro-Oeste do Brasil, na safra 2010/2011.

2. Metodologia de trabalho

2.1 Área de estudo

O projeto Soja Sat efetuou o mapeamento da soja para o Estado de Mato Grosso entre as safras de 2000/2001 e 2010/2011. No entanto, para cruzar as informações do mapeamento com dados de campo e realizar a validação, foram escolhidos cinco aglomerados de fazendas pertencentes ao Grupo Bom Futuro S. A., com larga representatividade no setor de produção de soja no Estado, e a safra avaliada foi a de 2010/2011. Os aglomerados avaliados foram:

- Colibri, em Santo Antônio do Leverger, com área de 3.381,67 ha;
- Colorado, em Diamantino, com área de 11.826,77 ha;
- Malu, entre Bom Jesus do Araguaia e Ribeirão Cascalheira, com área de 22.521,42 ha;
- Santa Luzia, em Sapezal, com área de 13.682,59 ha;
- Vale do Rio Verde, entre Tapurah e Ipiranga do Norte, com área de 19.011,12 ha;

Na Figura 1, apresenta-se o mapa da probabilidade das áreas de soja em Mato Grosso para a safra 2010/2011, derivado do mapeamento do Soja Sat, bem como a localização geográfica dos aglomerados de fazendas do Grupo Bom Futuro S. A. utilizados como campo experimental no processo de validação.

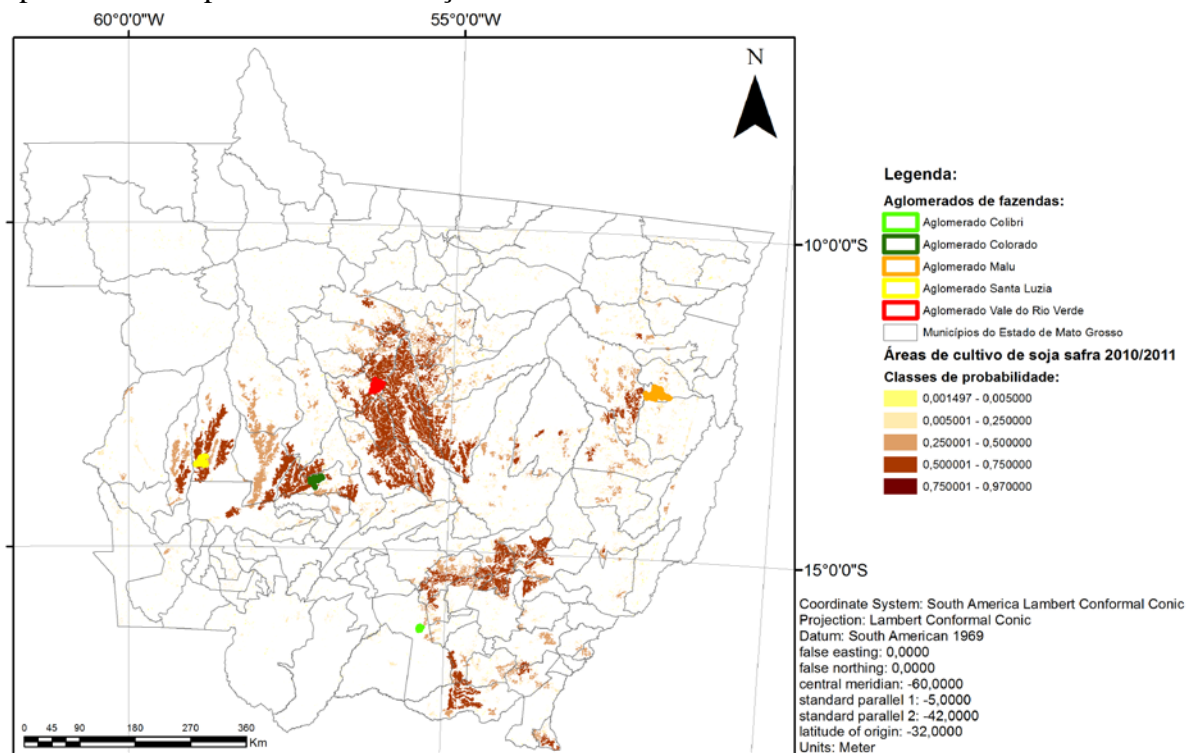


Figura 1. Localização geográfica dos aglomerados utilizados como referência e distribuição espacial das classes de probabilidade de soja para a safra 2010/2011, em Mato Grosso.

2.2 O projeto Soja Sat

O projeto Soja Sat representa uma iniciativa de mapeamento de áreas de soja no Estado de Mato Grosso, com informações disponibilizadas gratuitamente no website (<http://www.sergeo.ufla.br/sojasat>), que apresenta interface intuitiva e acesso dinâmico aos

resultados obtidos no mapeamento entre as safras 200/2001 e 2010/2011. Os resultados são apresentados em escalas de probabilidade de ocorrência de soja, em área e produtividade.

O mapeamento consistiu na classificação de imagens EVI dos produtos MOD13Q1 e MYD13Q1, do sensor MODIS, coleção 5, a bordo dos satélites TERRA e AQUA, disponibilizadas a cada 8 dias e com 250 metros de resolução espacial (Huete et al., 1999). Este índice foi escolhido com base em Risso et al. (2009) e Johann et al. (2012), que observaram sua melhor performance em relação ao *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), outro índice disponibilizado pelo MODIS, para a discriminação de áreas de soja durante períodos de máximo desenvolvimento, e em Huete et al. (2002) e Galford et al. (2007), que o consideram menos influenciado por efeitos do solo e da atmosfera e mais sensível em áreas com alto vigor vegetativo, apresentando menor saturação.

O pré-processamento envolveu a averiguação da confiabilidade dos *pixels* avaliados, com base nas imagens de qualidade do *pixel* (*Quality assurance* e *Pixel reliability*) obtidas no download. Os *pixels* com qualidade afetada por interferências foram substituídos por valores obtidos por meio de interpolação linear entre os *pixels* confiáveis mais próximos. O método utilizado para a interpolação foi o *Inverse Distance Weighted Interpolation*, devido à sua baixa demanda computacional e alta capacidade de automação, comparado a outros métodos.

Após o pré-processamento, foi calculada a variação da magnitude dos valores dos *pixels*, por meio da determinação da distância Euclidiana entre os valores de máximo e mínimo vigor vegetativo para cada safra. Com base na análise temporal da variação da magnitude dos *pixels*, foi aplicado um limiar de corte, dividindo as classes, binariamente, em “Não-soja” e “Soja”. O limiar encontrado para a definição de áreas de soja foi o de $EVI > 0,5284$, e o algoritmo foi intitulado *Soybean Enhanced Index* (SEI).

Por krigagem binomial foram agrupados e categorizados os *pixels* de cada classe, possibilitando a geração de mapas de percentagem de áreas de cultivo. A krigagem gaussiana foi utilizada para prever a produtividade de soja para as áreas detectadas. A incerteza das previsões, considerando-se as safras estudadas, foi ilustrada em escalas de probabilidade, as quais foram: 0-5%; 5,01-25%; 25,01-50%; 50,01-75% e 75,01-100%. Como resultado, foram obtidos mapas temáticos da probabilidade de área e produtividade.

2.3 Procedimento metodológico para validação do Soja Sat

Dados de campo constituem-se em ferramentas úteis aos estudos de sensoriamento remoto, por proporcionarem balizamento e acompanhamento dos dados derivados dos sensores. Além disso, servem como informações de referência para posterior cálculo de índices de acurácia e concordância espacial, sendo úteis para avaliar o grau de confiabilidade dos resultados. No caso deste trabalho, fazem referência detalhada aos tratos culturais utilizados pelo Grupo Bom Futuro S. A. em seus aglomerados de fazendas, apresentando informações completas da safra, em nível de talhão, tais como o tipo de variedade plantada, as datas de plantio, germinação e colheita, a textura do solo de cada talhão, a área plantada e o número de sacas colhidas em cada talhão ao final da safra.

Para validar o mapeamento, foi escolhida a safra 2010/2011, pela representatividade da mesma em termos de área cultivada e produtividade e pela disponibilidade da delimitação geográfica dos talhões, fator essencial para as verificações entre os dados de campo e os dados derivados da classificação.

2.3.1 Avaliação do desempenho da classificação do Soja Sat

Nesta etapa, foram aplicadas avaliações pontuais e testes estatísticos para verificar a exatidão e a precisão do mapeamento. Em conjunto, estes procedimentos indicam a consistência dos dados estimados em comparação com os dados reais.

O procedimento para validação ocorreu em ambiente Arc GIS 10.3, e envolveu a análise pontual da situação de cada talhão dos 5 aglomerados no mapeamento e de áreas de referência

de outros usos. Para tanto, foi sobreposto ao mapa final da safra 2010/2011 o arquivo contendo a localização geográfica de cada talhão, bem como seus atributos coletados *in loco*.

Para validar as áreas da classe “Soja”, foi distribuído, aleatoriamente, um ponto para cada talhão com este uso, totalizando 386 amostras. Para validar as áreas “Não-soja”, utilizou-se como referência o mapeamento TerraClass (2012), parceria entre o INPE e a EMBRAPA que objetivou classificar o uso e ocupação da terra das áreas desflorestadas da Amazônia Legal (INPE, 2016). Neste mapa, o mesmo número de pontos amostrais foi distribuído, excetuando-se as áreas de soja e incluindo as áreas dos talhões com outros cultivos.

A avaliação do desempenho da classificação pautou-se na utilização de uma matriz de confusão. Este tipo de matriz apresenta os resultados da classificação em relação aos dados de referência (Congalton e Green, 2009) e, por meio de índices de concordância derivados de sua aplicação, permite avaliar a exatidão do mapeamento. Foi construída a matriz de erros referente ao cruzamento dos dados e calculados os seguintes índices de confiabilidade:

(a) Exatidão Global - relação entre o número de amostras classificadas corretamente sobre o total de amostras de referência;

(b) Exatidão do Produtor - relação entre o número de amostras classificadas corretamente da classe k e o total de amostras de referência da classe k. Referente aos erros de omissão;

(c) Exatidão do Usuário - relação entre o número de amostras classificadas corretamente da classe k e o total de amostras classificadas da classe k. Referente aos erros de comissão;

(d) Índice Kappa – considera em seu cálculo todos os elementos da matriz, inclusive os que estão fora da diagonal principal e representam discordâncias (Congalton e Green, 2009).

3. Resultados e discussão

O cruzamento de informações entre o mapeamento e os dados dos aglomerados possibilitou avaliar cada talhão, permitindo apontar os erros de classificação. Na Tabela 1, apresentam-se os erros detectados e a proporção de acerto para cada aglomerado.

Tabela 1. Erros de classificação do Soja Sat detectados pela análise pontual por talhão.

| Aglomerado | Soja classificada como soja | Soja classificada como não-soja | Não-soja classificada como soja | Talhões na safra 2010/2011 | PA* |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------|
| Santa Luzia | 57 | 0 | 10 | 67 | 85,1% |
| Colorado | 61 | 1 | 6 | 68 | 89,8% |
| Vale do Rio Verde | 77 | 0 | 12 | 89 | 86,6% |
| Colibri | 21 | 1 | 0 | 22 | 95,5% |
| Malu | 151 | 17 | 14 | 182 | 83% |
| Total | 367 | 19 | 42 | 428 | 85,8% |

*Proporção de acerto (PA) entre os talhões detectados pelo Soja Sat e os dados de campo. $PA = (\text{Soja Sat} - \text{Dados de campo}) / \text{Dados de campo} \times 100$.

À exceção do aglomerado Malu, que apresentou 17 de seus talhões de soja classificados como “Não-soja”, o mapeamento foi satisfatório. Já, a identificação absoluta de outros usos como sendo “Soja” ocorreu em maior escala. Isso pode estar relacionado ao similar comportamento temporal entre a soja e outras culturas agrícolas, como o algodão e o milho.

Ressalta-se, porém, que o aglomerado Malu, à época, era o maior em número de talhões e em área, totalizando 184 talhões e 22.521,42 ha de área, e que o aglomerado Colibri era o menor, totalizando 22 talhões e 3.381,67 ha de área, sendo mais relevante considerar a proporção de acerto para cada aglomerado. Neste cenário, nota-se que o aglomerado Malu apresenta maior percentual de erros, totalizando 17%, seguido por Santa Luzia (14,9%), Vale do Rio Verde (13,4%), Colorado (10,2%) e Colibri (4,5%). Os resultados obtidos pelos índices de confiabilidade são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de confusão e resultados de Exatidão do Produtor, Exatidão do Usuário, Exatidão Global e Índice Kappa para o mapeamento.

| Soja Sat | Referência | | | | |
|----------------------|------------|----------|-------------|------------------|---------------------|
| | Soja | Não-soja | Referências | Erro de comissão | Exatidão do usuário |
| Soja | 367 | 42 | 409 | 0,10 | 0,90 |
| Não-soja | 19 | 344 | 363 | 0,05 | 0,95 |
| Referências | 386 | 386 | 772 | | |
| Erro de omissão | 0,05 | 0,11 | | | |
| Exatidão do produtor | 0,95 | 0,89 | | | |
| Exatidão Global | 0,92 | | | | |
| Índice Kappa | 0,84 | | | | |

A comparação entre a classificação de soja para a safra 2010/2011 e os dados de referência indicou alta concordância entre os dois conjuntos de dados. A Exatidão Global e o Índice Kappa foram, respectivamente, 92,1% e 0,84 para a safra avaliada.

De acordo com Foody (2002), é desejável que uma classificação alcance índices de acerto superiores a 85% no índice de Exatidão Global. Já, de acordo com os níveis de concordância de valores do Índice Kappa propostos por Landis e Koch (1977), uma classificação acima de 0,80 é considerada excelente e possui alta concordância com os dados de campo. Observando as premissas destes dois índices, a classificação do Soja Sat foi considerada excelente, apontando o potencial do método para a identificação de áreas de soja em Mato Grosso. Estes resultados corroboram o uso das composições EVI de 8 dias, obtidas conjuntamente dos produtos MOD13Q1 e MYD13Q1, bem como a aplicação de técnicas geoestatísticas para o propósito de mapear a cultura da soja.

Os valores foram ainda mais significativos quando comparados com trabalhos que utilizaram o mesmo sensor, porém com outra metodologia, como Lamparelli et al. (2008) que ao estimar cultura da soja com dados MODIS obtiveram Índice Kappa entre 0,60 a 0,80. Arvor et al. (2011), utilizando imagens EVI-MODIS para avaliar a expansão do cultivo de soja nas proximidades de áreas protegidas, porém, apenas do produto MOD13Q1, obtiveram acerto de 74% de Exatidão Global e Kappa de 0,675.

Em relação às exatidões do usuário e do produtor, os valores obtidos também foram considerados excelentes, corroborando o bom nível de concordância obtido pelo método. Os erros de omissão foram de 0,05 para a classe “Soja” e 0,11 para a classe “Não-soja”. Já, os erros de comissão foram de 0,10 para a classe “Soja” e 0,05 para a classe “Não-soja”.

Os erros encontrados podem ser explicados tanto pelos dados de campo, quanto pelos dados orbitais. Em relação aos dados de campo, observa-se a distribuição de diversos talhões pouco representativos em termos de produtividade em áreas de borda com outros usos da terra. Por serem pouco representativos neste quesito, seus comportamentos temporais, em

termos de valores de máximo e mínimo vigor vegetativo, amplitude, média e desvio padrão, apresentam diferenças em relação a talhões de média e alta produtividade. Com a resposta mista, oriunda de mistura espectral entre diferentes alvos, estes talhões tendem a ficar abaixo do limiar adotado para a classe “Soja”, e acabam sendo considerados pelo algoritmo de classificação como pertencentes à classe “Não-soja”.

Outro fator importante está na variabilidade espacial dos calendários agrícolas. Pela larga extensão do Estado e suas diferentes condições edafoclimáticas, a soja não é plantada uniformemente em todas as fazendas, e esta não-uniformidade dos ciclos fenológicos acarreta confusões espectrais. Este problema também foi detectado por Zhu et al. (2016) e Arvor et al. (2011), ambos avaliando a sojicultura mato-grossense.

Em relação aos dados orbitais, observa-se semelhança espectral entre a cultura da soja e outras culturas de verão, tais como o milho e o algodão, que possuem representatividade no cenário agrícola de Mato Grosso, o que pode causar confusão ao algoritmo de classificação. Outro fator relevante para explicar os erros está no tamanho das lavouras. O *pixel* MODIS possui resolução espacial de 250 metros, que proporciona um potencial de detecção espacial de 6,25 hectares. Logo, talhões menores do que 6,25 ha podem sofrer interferência de usos ao seu arredor, não tendo captados os seus exatos comportamentos temporais e, por consequência, não sendo considerados como “Soja”. Analisando os dados de campo, identificam-se talhões menores que 6,25 hectares.

Arvor et al. (2011) citam que os erros encontrados em classificações temáticas do cenário agrícola de Mato Grosso por meio de imagens MODIS estão diretamente ligados à proporção do *pixel* em relação às lavouras, e vice-versa.

Em termos de área, a classificação feita pelo Soja Sat, por meio do algoritmo SEI, detectou 6.460.429 ha cultivados com soja para a safra 2010/2011. A título de comparação, o levantamento de área colhida de soja feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) para esta safra apresentou o total de 6.454.331 ha, o que supõe alta correlação entre o método de classificação e dados oficiais. Por meio da Figura 2, apresenta-se a análise da correlação entre estes dados.

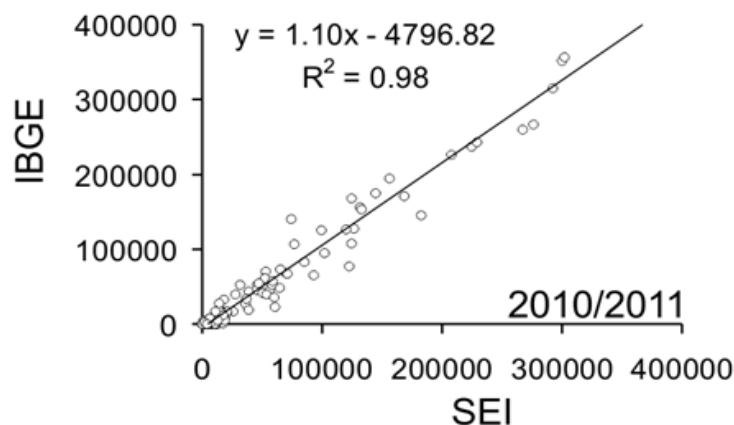


Figura 2. Avaliação entre o algoritmo SEI de classificação de áreas de soja em Mato Grosso e os dados oficiais do total de área de soja obtidos pelo IBGE.

Por meio da análise, obteve-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,98. Estes resultados vão de encontro aos encontrados por Gusso et al. (2012), que, pelo método *Modis Crop Detection Algorithm* (MCDA), também pautado na variação temporal da resposta da soja no EVI, obtiveram concordância entre 0,93 e 0,98 para o período entre 2001 e 2005.

3.1 Distribuição espacial da probabilidade de soja para os aglomerados de fazendas

Na Figura 3, apresenta-se a distribuição de probabilidade de soja para os aglomerados de fazendas avaliados, determinada pelo método de classificação adotado pelo Soja Sat.

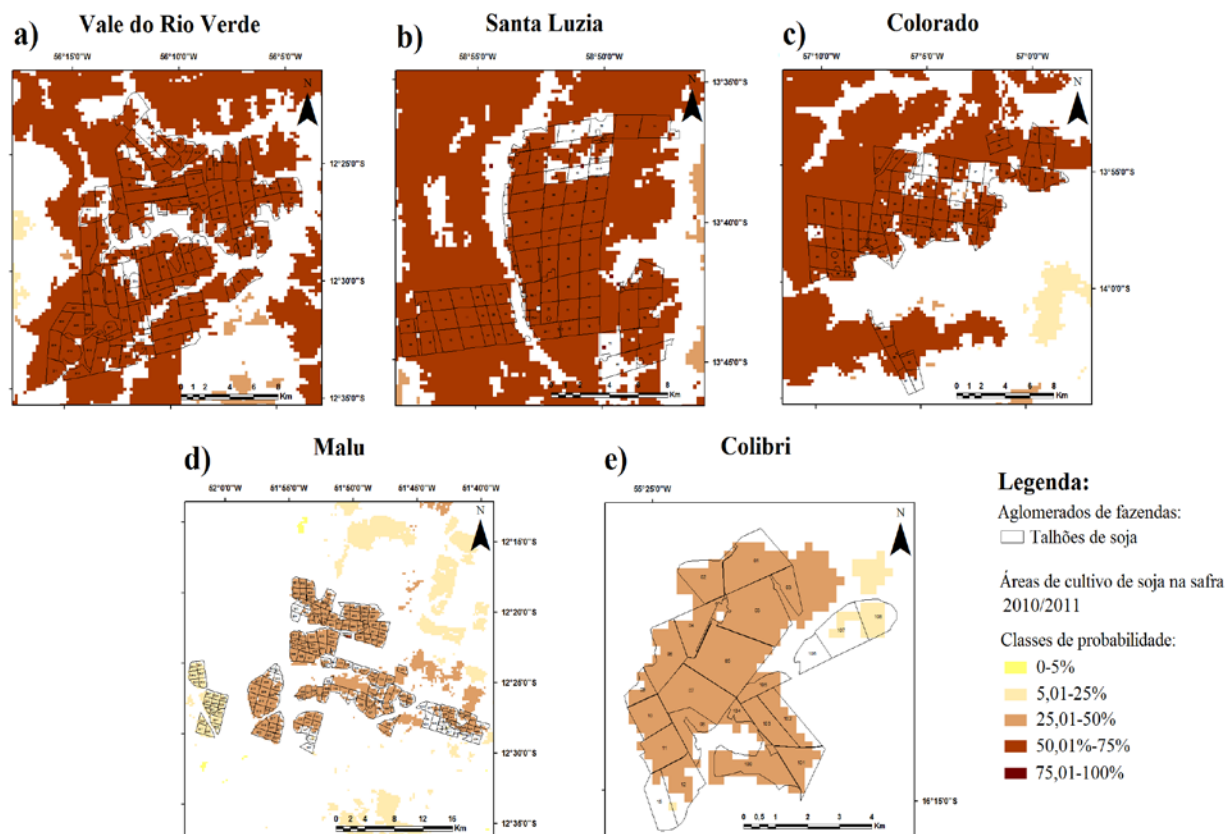


Figura 3. Distribuição espacial da probabilidade de ocorrência de soja para os aglomerados avaliados, em que: a) Vale do Rio Verde, b) Santa Luzia, c) Colorado, d) Malu e e) Colibri.

Por meio dos resultados para os aglomerados, demonstra-se a alta concordância entre os dados de campo, representados pela delimitação dos talhões, e a classificação obtida pelo Soja Sat, representada pelas áreas de soja. Para os aglomerados Vale do Rio Verde, Santa Luzia e Colorado, a classificação apresentou entre 50 a 75% de probabilidade de ocorrência de soja. Já, para os aglomerados Malu e Colibri, esta probabilidade caiu para entre 25 a 50%.

Uma explicação para esta variação está na localização geográfica dos aglomerados. Malu encontra-se na porção leste do Estado, e Colibri, ao sul. Estas duas regiões possuem, além da agricultura, extensas áreas de pastagens, que também possuem variação sazonal. Este fator pode ter causado confusão espectral entre os alvos, fazendo com que o algoritmo captasse com menos exatidão as áreas dos talhões de soja. Já, os aglomerados Vale do Rio Verde, Santa Luzia e Colorado encontram-se na porção centro-oeste, conhecida como Região do *Agrobusiness* (Dubreuil et al., 2008), possuindo a maior parte de sua área destinada à sojicultura (Arvor et al., 2011), o que diminui a confusão espectral, uniformiza o comportamento captado e, por consequência, aumenta a precisão da detecção de soja.

4. Conclusões

A partir do procedimento de validação, foi possível aferir o desempenho do método utilizado pelo Soja Sat para o mapeamento de soja correspondente à safra 2010/2011 em Mato Grosso. Considerando as distintas características de cultivares, condições edafoclimáticas e calendários agrícolas, bem como as diferenças de tamanho e produtividade dos aglomerados, a classificação mostrou-se satisfatória. Dada a similaridade de resposta de cultivos de verão (soja, milho e algodão) nos índices de vegetação, o uso do SEI permitiu a obtenção de poucos erros de omissão e comissão. Por fim, ressalta-se a intenção de validar múltiplas safras, para determinar a sensibilidade do método perante a variabilidade interanual da soja em Mato Grosso, causada pelas variantes climáticas que afetam seu ciclo fenológico.

Agradecimentos

Especialmente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fomento da pesquisa, e ao Grupo Bom Futuro S. A. pela concessão dos dados.

5. Referências bibliográficas

- Arvor, D.; Jonathan, M.; Meirelles, M.S.P.; Dubreuil, V.; Durieux, L. Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 22, p. 7847–7871, 2011.
- Congalton, R. G.; Green, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Boca Raton: Lewis, 1999. 137 p.
- Dubreuil, V.; Laques, A.; Nédélec, V.; Gurgel, H. Paysages et fronts pionniers amazoniens sous le regard des satellites: L'exemple du Mato Grosso. **Espace Géographique**, v. 37, n. 1, p. 57–74, 2008.
- Foody, G. M. Thematic map comparison: evaluating the statistical significance of differences in classification accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 70, n. 5, p. 627–633, 2004.
- Galford G. L.; Mustard J. F.; Melillo, J.; Gendrin A.; Cerri C. C.; Cerri C. E. P. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 2, p. 576-587, 2008.
- Gusso, A.; Formaggio, A. R.; Rizzi, R.; Adami, M.; Rudorff, B. F. T. Soybean crop estimation by Modis/Evi data. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, n. 3, p. 425-435, 2012.
- Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. P.; Gao, X.; Ferreira, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. (1-2), p. 195-213, 2002.
- Huete, A.; Justice, C.; Leeuwen, W. **Modis vegetation index (MOD13) algorithm theoretical basis document**, version 3, University of Arizona, 129 p, 1999. Disponível em: https://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf. Acesso em: 23 mar. 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção Agrícola Municipal - Culturas Temporárias e Permanentes 2010**. Rio de Janeiro, v. 38, p 1-97, 2011. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2011_v38_br.pdf. Acesso em: 29 abr. 2016.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Centro Regional da Amazônia. Projeto **TerraClass**. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012.php/. Acesso em: 12 mai. 2016.
- Johann, J. A.; Rocha, J. V.; Duft, D. G.; Lamparelli, R. A. C. Estimativas de áreas com culturas de verão no Paraná por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1295-1306, 2012.
- Lamparelli, R. A. C.; Waste, M. O. C.; Mercante, E. Mapeamento de semeaduras de soja (*Glycinemax* (L.) Merr.) mediante dados MODIS/Terra e TM/Landsat 5: Um comparativo. **Engenharia Agrícola**, v.28, n. 2, p.334-344, 2008.
- Landis, J.; Koch, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159 – 174, 1977.
- Risso, J.; Rizzi, R.; Epiphanyo, R. D. V.; Rudorff, A. R.; Shimabukuro, Y. E.; Fernandes, S. L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14. 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 3175-3182. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-0004-7. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.07/doc/379-386.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2015.
- Zhu, C.; Lu, D.; Victoria, D.; Dutra, L. V. Mapping fractional cropland distribution in Mato Grosso, Brazil using time series MODIS enhanced vegetation index and Landsat Thematic Mapper data. **Remote Sensing**, v. 8, n. 1, 2016.