

Identificação prévia de talhões de soja no Mato Grosso a partir de imagens MODIS – avaliação do mapeamento

Isaque Daniel Rocha Eberhardt¹

Rodrigo Rizzi¹

Joel Risso²

1 – Universidade Federal de Pelotas – UFPel

Campus Universitário S/N. Caixa Postal 354, 96.001-970 - Capão do Leão - RS, Brasil

isaquedanielre@yahoo.com.br, rodrigo.rizzi@ufpel.edu.br

2 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Av. dos Astronautas, 1758. Caixa Postal 515, 12.227-010 – São José dos Campos - SP, Brasil

risso@dsr.inpe.br

Abstract: The CEI Preview Estimate (CEI-PE) is an alternative approach that uses images acquired prior to peak canopy development to antedate soybean detection up to 45 days comparing to the original CEI technique. Our goal in this paper is to assess three preview soybean mapping in municipal level by using CEI-PE over Mato Grosso State in crop year 2005/2006. To compose MaxEVI, the last image used by the original CEI in Mato Grosso State is a 16-day composited EVI MODIS image acquired from Day Of Year (DOY) 49 to 65 (MaxEVI-65). In the three CEI-PE we composed MaxEVI using images acquired up to DOY 49, 33, and 17, retrieving CEI-49, -33, and -17 mapping, respectively. Finally, we compared CEI-PE against original CEI map to look into mapping errors in 42 municipalities that comprised 92% of the State soybean acreage. Our results showed decreasing errors in soybean mapping from CEI-17 to -49 for all municipalities. Likewise, we identified 22, 7 and 3 municipalities with spatial accuracy over 90% in CEI-49, -33 and -17 mappings, respectively. Furthermore, omission errors were higher than commission ones in all CEI-PE as well as more intense in the southeastern portion of the State. We also noticed smaller errors over municipalities with large soybean area within the main producing regions for all CEI-PE mappings. Nevertheless, we observed large errors also in CEI-49, indicating that the composited MODIS image acquired from DOY 49 to 65 was crucial to map soybeans fields for those municipalities.

Keywords: Area estimation; vegetation index; spatial agreement; MODIS.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é a base fundamental para a segurança alimentar das populações e uma das principais atividades econômicas da atualidade. A soja ocupa posição de destaque entre os cultivos mais importantes na agricultura mundial, com 102 milhões de hectares cultivados na safra 2011/2012 (USDA, 2012). Para a mesma safra o Brasil cultivou uma área superior a 25 milhões de hectares de soja (IBGE, 2012; USDA, 2012) e o estado o Mato Grosso (MT) apresentou 27% da área cultivada no país nessa safra (IBGE, 2012). Esta cultura gerou ao Brasil aproximadamente 75 milhões de toneladas de grãos na safra 2010/2011 (CONAB, 2012a; USDA, 2012). Deste total, parte foi destinada às exportações, gerando 24 bilhões de dólares em divisas para o país (CONAB, 2012b). Estes números tornam o Brasil segundo maior produtor e exportador mundial de soja (MDIC, 2010).

As formas de obtenção de informações sobre área cultivada e volume de produção de uma atividade agrícola são as mais diversas. Entretanto, as técnicas tradicionais utilizadas disponibilizam somente valores de área plantada, produtividade e produção, não indicando a localização espacial das áreas cultivadas. Logo, através destas técnicas não é possível conhecer a distribuição espacial dos cultivos em uma mesma safra, tão pouco no decorrer de várias safras. Quando buscamos valores de área cultivada, podemos utilizar os sensores agropecuários (Pino, 1999) ou levantamento sistemático para cultivos agrícolas realizado por amostragem, tal qual o Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (LSPA; IBGE,

2002), realizado pelo IBGE (Pino, 2001). Entretanto, ambas as técnicas de estimativa contêm limitações quanto a agilidade de disponibilização de suas informações, capacidade de captar as pequenas variações entre safras, particularmente em áreas de fronteira agrícola, e dificuldade de adoção de ferramentas de controle dos erros em função dos custos relativamente altos para a sua realização.

Alternativamente a estes problemas, muitos trabalhos apontam a utilização de imagens padrão Landsat como opção para a geração de mapas de culturas e estimativas de área em escala regional (Rizzi & Rudorff, 2005; Rudorff et al., 2005). Estas imagens possibilitam o mapeamento das áreas por meio de fotointerpretação. Para tanto, são necessárias imagens adquiridas em momentos específicos para a cultura e a região em estudo. Entretanto, a presença de cobertura de nuvens neste tipo de imagem é o principal empecilho para a aplicação desta metodologia em grandes regiões, e quando o objeto de estudo são regiões tropicais, tal qual o MT, isso é ainda mais crítico (Asner, 2001).

Com o lançamento do Sensor orbital *MODerate resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) e a disponibilização de imagens compostas ao longo de vários imageamentos efetuados pelo sensor, o problema de cobertura de nuvens foi minimizado. Isso tornou-se possível em função das características desse sensor, que realiza o imageamento completo do globo a cada dois dias. Assim, as composições são elaboradas com os pixels de melhor qualidade disponível no período (Leeuwen et. al, 1999; Huete et al., 1999; Didan & Huete, 2006). As imagens compostas podem ser utilizadas para reproduzir os diversos índices de vegetação, tal como o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) (Huete et. al, 1997).

A partir das limitações impostas pelos métodos de mapeamento de áreas cultivadas anteriormente citados, Rizzi et al. (2009) desenvolveram o *Crop Enhancement Index* (CEI), para mapear e estimar as áreas de soja. De modo que sua configuração possibilita obter um mapa para a cultura da soja no MT a partir do início de março. Assim, a disponibilização desta informação pode não ser produzida em tempo suficiente para a antecipação de alguns movimentos de mercado pelos envolvidos na cadeia produtiva da soja. Além disso, projetos operacionais, que utilizam a metodologia CEI como base, tal como a Moratória da Soja (Rudorff et al., 2012) também demandam a informação antecipada sobre as áreas cultivadas com soja.

No intuito de antecipar o mapeamento e a estimativa de área cultivada com soja no estado do MT, Eberhardt et al. (2011) desenvolveram a metodologia *Crop Enhancement Index-Preview Estimate* (CEI-PE). Esta metodologia possibilita antecipar a identificação, o mapeamento e a estimativa de área com a cultura da soja em até um mês e meio em relação a metodologia CEI. Desta forma, disponibilizando sucessivamente três mapas de estimativa prévia, entre meados dos meses de janeiro e fevereiro. Entretanto, a exatidão espacial do mapeamento gerado através de CEI-PE foi avaliada somente em nível de estado, podendo assim, existirem erros concentrados em algumas regiões, não captados pela avaliação em nível estadual. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar o acerto espacial dos mapas de soja CEI-PE em nível municipal no MT na safra 2005/2006.

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram definidos como objeto de estudo os principais municípios produtores de soja do MT que possuíam área cultivada com soja maior que 30 mil hectares na safra 2005/2006, de acordo com a metodologia CEI. Este critério restringiu a área de estudo a 42 municípios, distribuídos nas principais regiões produtoras de soja do MT na safra 2005/2006, os quais englobam 5,38 milhões de hectares de soja (92,4% do total cultivada no estado) (Figura1). As imagens utilizadas foram as de EVI (produto MOD13Q1) produzidas a partir de composições de 16 dias e com resolução espacial de 250 metros, adquiridas pelo sensor MODIS (Huete et al. 1999; Leeuwen et. al, 1999).

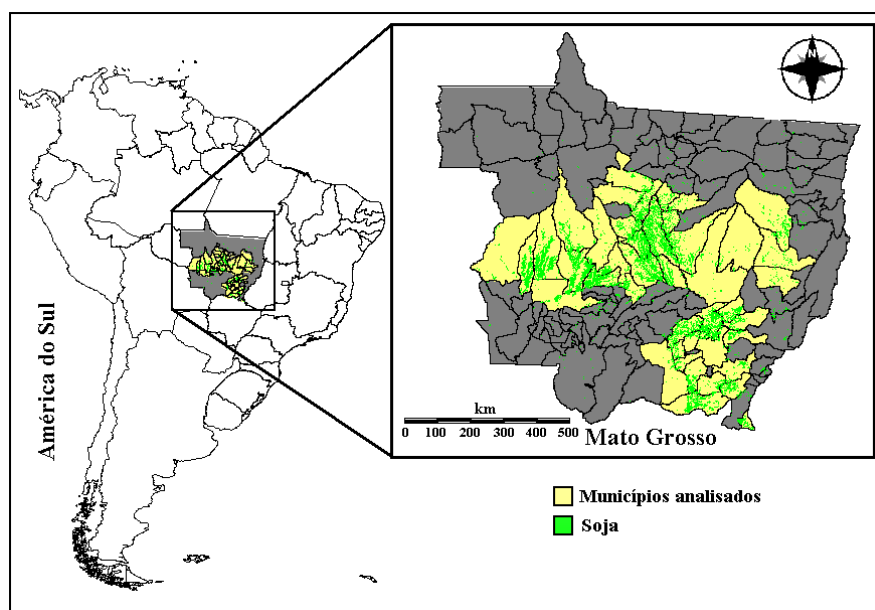


Fig. 1. Localização geográfica da área de estudo, no Estado do Mato Grosso.

A metodologia CEI usa imagens EVI adquiridas em dois períodos específicos da cultura da soja, chamados de Mínimo (MinEVI) e Máximo EVI (MaxEVI). No presente trabalho o MinEVI foi formado pelas imagens adquiridas entre os DA 161 e 224, extraindo o mínimo valor observado para cada pixel no período. Esta antecipação do período de composição do MinEVI teve por objetivo aproveitar o maior potencial de contraste do EVI entre as áreas de soja e demais classes de uso/cobertura do solo no período seco reduzindo a possibilidade de utilizar imagens contaminadas com nuvens e/ou sombra de nuvens que podem ocorrer a partir de setembro, quando inicia o período de chuvas no Mato Grosso (Risso et al., 2012). Semelhantemente, a partir das imagens adquiridas entre os DA 321 e 64, é obtido o MaxEVI. Assim, as imagens de Max e MinEVI são aplicadas na equação que retorna a máxima diferença registrada entre os períodos, nesta equação se utiliza ainda o coeficiente de realce ($S = 10^2$) e o fator de ganho ($G = 10^2$), gerando a imagem CEI (Equação 1). De maneira que as diferenças registradas entre períodos oscilam entre -1 e +1, em que os pixels com valores mais elevados apresentam maior probabilidade de representarem áreas cultivadas com soja.

$$\text{Equação 1:} \quad CEI = G * \frac{(MaxEVI+S)-(MinEVI+S)}{(MaxEVI+S)+(MinEVI+S)}$$

As metodologias CEI e CEI-PE apresentam algumas similaridades, ambas utilizam imagens EVI em dois períodos específicos a identificação da cultura da soja. Contudo, no período do MaxEVI ocorrem as diferenças em relação a metodologia CEI. De tal modo, foram utilizados os períodos entre os DA 321 a 48; 321 a 32 e 321 a 16, gerando as imagens MaxEVI-49, -33 e -17, respectivamente. Esta denominação tem origem na data posterior a última imagem EVI utilizada em sua composição. Ademais, a imagem CEI-PE recebe a identificação do MaxEVI utilizado, por exemplo, em CEI-49 foi utilizada a imagem de MaxEVI-49.

O passo seguinte é a classificação das imagens CEI-PE, quando foi definido um valor de limiar de fatiamento a partir do qual um pixel da imagem CEI-PE pertence à classe soja. De tal forma que foi utilizado um limiar diferente para cada estimativa prévia. Isto ocorre, para que o valor total de área de soja mapeada na safra 2005/2006, em nível estadual, seja similar em todas as abordagens. Para tanto, os valores de limiar apresentaram uma ordem, onde CEI-

49>CEI-33>CEI-17, sendo todos inferiores ao valor utilizado em CEI original. Posteriormente, os mapas de CEI-PE receberam a aplicação de um filtro de moda com janela móvel de 5 x 5 pixels, tal qual ao utilizado na metodologia CEI original. Esta operação visa eliminar os pixels classificados ou não que se apresentam isolados nos mapas, oriundos provavelmente de ruídos nas imagens MODIS.

A partir dos mapas de estimativa prévia obtidos com CEI-PE e do mapa de soja CEI original, foram gerados os mapas de comparação para cada estimativa prévia. Estes apresentam três classes temáticas, são elas *acerto*, *omissão* e *inclusão*. Em seguida, estes mapas foram confrontados a um mapa contendo os limites político-administrativos dos municípios analisados, de maneira a originar um novo mapa contendo a identificação dos municípios e das classes temáticas analisadas. Em seguida, para cada estimativa prévia, foi gerado um mapa de resultados, individualizando as classes temáticas *acerto*, *omissão* e *inclusão*. Neste caso, os pixels coincidentes nos mapas CEI-PE e CEI são definidos como *acerto*. Os pixels identificados como soja somente em CEI-PE são denominados de *inclusão*. Já aqueles identificados como soja somente em CEI pertencem à classe *omissão*. Cabe ressaltar ainda, que foi definido que todos os municípios com valores de acerto espacial acima de 90% apresentavam concordância mínima entre os mapas de soja CEI-PE e CEI. Foi definido este valor de concordância entre os mapas, como forma de tornar possível a utilização do CEI-PE como ferramenta de apoio a projetos operacionais, visto que uma metodologia precisa apontar as sua confiabilidade para se tornar útil aos possíveis usuários. Como exemplo de possíveis usuários desta ferramenta está a Moratória da soja e projetos de monitoramento de desmatamento. Para facilitar a interpretação dos resultados os mapas foram reclassificados em faixas de intervalos definidos, de maneira a agrupar as classes mais similares em um menor número de classes sem que ocorram prejuízos na análise destes mapas, (Fig. 2).

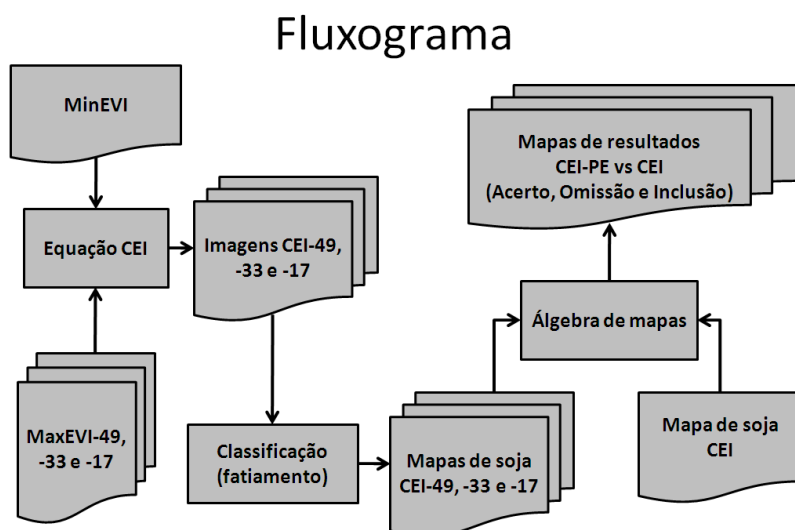


Fig. 2. Procedimento de análise espacial dos mapas gerados através da metodologia CEI-PE vs CEI, no MT para a safra 2005/2006.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa CEI-49 apresentou o maior número de municípios (22 dos 42 analisados) com acerto acima de 90%. São eles: Comodoro, Tagará da Serra, Brasnorte, Porto dos Gaúchos, Campo Verde, Rondonópolis, Santo Antonio do Leste, General Carneiro, Querência, Diamantino, Tapurah, Ipiranga do Norte, Santa Rita do Trivelato, Vera, Nova

Ubiratã, Jaciara, Campos de Júlio, Sapezal, Campo Novo dos Parecis, Nova Mutum, Sorriso e Lucas do Rio Verde. Em CEI-33, somente 7 municípios foram identificados com tal acerto espacial, sejam eles Sapezal, Campo Novo dos Parecis, Santa Rita do Trivelato, Campos de Júlio, Nova Mutum, Lucas do Rio Verde e Sorriso. Na estimativa CEI-17, somente os municípios de Nova Mutum, Sorriso e Lucas do Rio Verde alcançaram o valor de concordância mínima. Quando analisados em conjunto os municípios nos mapas de resultados contendo os acertos, observou-se que existem duas regiões com maior acerto espacial nas estimativas CEI-49 e -33, uma na porção oeste do MT nas circunvizinhanças de Sapezal e outra nos arredores do município de Sorriso. Entretanto, quando tratamos da estimativa CEI-17, os maiores acertos estão concentrados somente na região de Sorriso (região em tons de verde na Fig. 3). Ademais, estes municípios melhor identificados nesta estimativa apresentam tradição no cultivo de soja e não estão entre os municípios de expansão de fronteira agrícola. Estes fatos apontam para a possibilidade de existir uma maior sincronia e precocidade de plantio da cultura nesta região, de modo a possibilitar maiores acertos já em CEI-17.

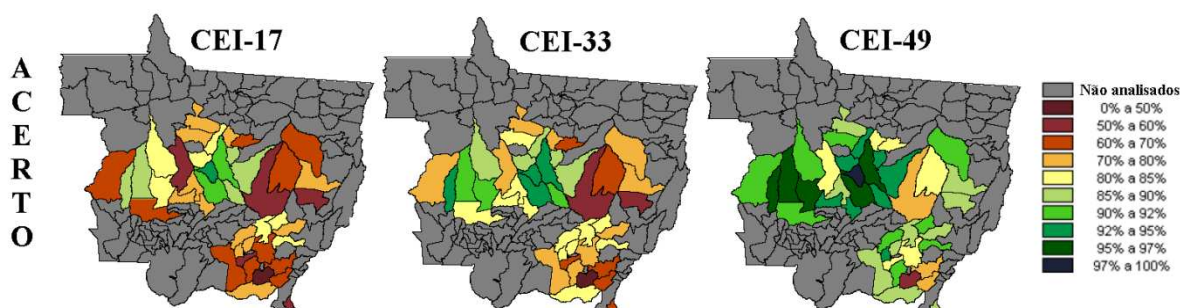


Fig. 3. Mapas de resultados para o acerto espacial, originados entre a Metodologia CEI-PE e CEI, para CEI -49, -33 e -17, para a safra 2005/2006.

Para a classe *inclusão*, na estimativa CEI-49 é possível constatar que a maioria dos municípios apresentou valores abaixo de 10%, com a distribuição destes erros mais homogênea nos 42 municípios analisados. Esse erro foi ainda menor (até 3%) para alguns dos principais municípios produtores de soja do Estado, tais como Campos de Júlio, Sapezal, Brasnorte, Campo Novo dos Parecis, Diamantino, São José do Rio Claro, Nova Mutum, Lucas do Rio Verde, Nova Ubiratã, Santo Antonio do Leste e Alto Taquari. Para CEI-33 e -17 ocorreu um aumento dos erros de inclusão, observando-se somente o município de Campos de Júlio com erro menor que 3%. Por outro lado, alguns municípios apresentarem valores de inclusão elevados mesmo em CEI-49, como o município de Pedra Preta, localizado na região Sul do MT. Este município sempre apresentou um dos maiores erros de inclusão entre todos os municípios nas três estimativas prévias e apresenta uma das menores áreas cultivadas com soja dentre os municípios analisados. Da mesma forma, a região sudeste do MT apresentou maiores erros de inclusão em relação ao restante do estado. Ademais, fica demonstrado que nos municípios analisados, podem existir um ou mais cultivos implantados durante com calendários agrícola similares ao da soja, que apresentam acréscimo de biomassa capazes de produzir valores de índice CEI-PE similares aos da soja (por exemplo, milho utilizado como fonte de palha para o plantio direto do algodão no mês de novembro), gerando maiores erros de inclusão nas estimativas CEI-33 e -17. Esta ocorrência é menor em CEI-49 por conta da utilização de um valor de limiar mais elevado para a classificação nesta estimativa prévia, sendo este limiar mais próximo aquele utilizado em CEI original, de tal forma que os pixels assim classificados apresentam maior probabilidade de representar soja, fato este evidenciado pelo menor erro de inclusão registrado em CEI-49.

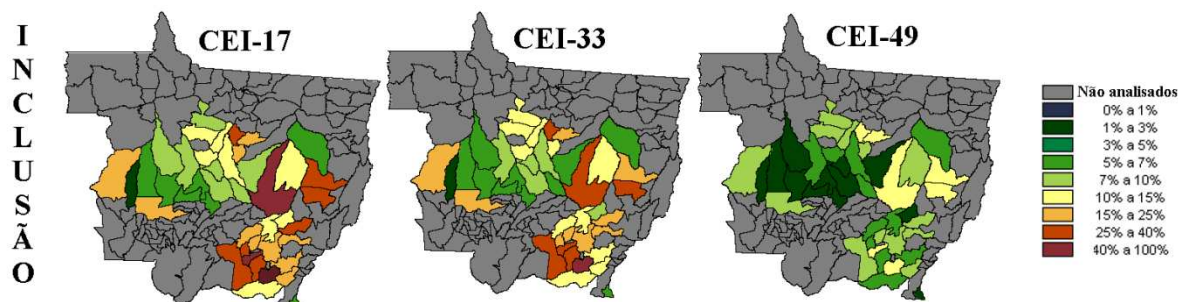


Fig. 4. Mapas de resultados para inclusão, originados entre a Metodologia CEI-PE e CEI, para CEI-49, -33 e -17, para a safra 2005/2006.

Por fim, os resultados de omissão em CEI-49 demonstraram um número maior de municípios com erros abaixo de 3% (Fig. 5). Sendo eles Comodoro, Campos de Júlio, Nova Mutum, Ipiranga do Norte, Santa Rita do Trivelato, Vera, Nova Ubiratã, Jaciara, Tapurah, Lucas do Rio Verde e Sorriso. Para as estimativas CEI-33 e -17 foram observados com erros de omissão inferiores a 3%, respectivamente, quatro e dois municípios (Nova Mutum, Sorriso, Jaciara e Lucas do Rio Verde) e (Sorriso e Lucas do Rio Verde). Por outro lado, em CEI-17 evidenciaram-se municípios com elevados valores deste erro, como por exemplo, Alto Taquari e Nova Maringá que apresentaram 37% de omissão. Este fato pode estar associado a sementeira e/ou desenvolvimento mais tardio da soja em relação ao restante do Estado. Consequentemente, provocando aumento de omissão das áreas de soja à medida que reduz-se o período de composição do MaxEVI, de tal forma que as áreas cultivadas com soja ainda não apresentam valores de índice CEI dentro dos valores de limiar em CEI-33 e -17.

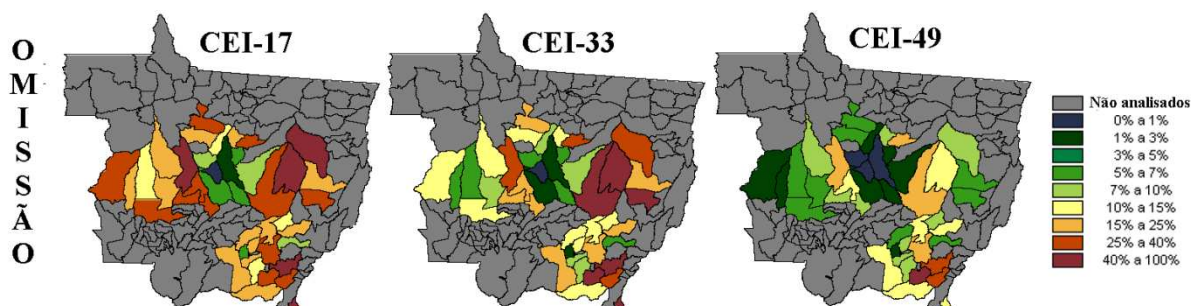


Fig. 5. Mapas de resultados para a omissão, originados entre a Metodologia CEI-PE e CEI, para CEI-49, -33 e -17, para a safra 2005/2006.

Em suma, constata-se que alguns municípios apresentaram acerto espacial acima de 90% já em CEI-17, como por exemplo, Lucas do Rio Verde, Sorriso e Nova Mutum, tornando estes municípios passíveis de uma estimativa prévia mais confiável. Semelhantemente, estes municípios permaneceram entre aqueles de maior acerto também em CEI-49 e -33. Ademais, todos os municípios apresentaram maior acerto espacial em CEI-49 quando comparados a CEI-33, da mesma forma de CEI-33 quando comparados a CEI-17. Entretanto, outros municípios apresentaram valores de acerto acima dos 90% somente em CEI-49. Da mesma forma, os maiores valores de erro de inclusão e omissão foram identificados em municípios que representam menores percentuais da área cultivada. Ou seja, aparentemente existe uma relação positiva entre porcentagem de área cultivada por município e o acerto espacial nas estimativas prévias.

4. CONCLUSÃO

A cada estimativa prévia realizada através de CEI-PE, um mesmo município apresenta diferentes valores de acerto espacial na comparação com o mapa CEI. Assim, através de CEI-PE com mais de 90% de concordância com CEI foram identificados 22, sete e três dentre os 42 municípios estudados nas estimativas CEI-49, -33 e -17, respectivamente. De modo geral, em uma mesma estimativa prévia os municípios com maior área cultivada no estado apresentaram valores mais elevados de acerto espacial em relação aqueles de menor área cultivada. Para cada um dos 42 municípios analisados, quando comparados individualmente nas três estimativas prévias, sempre ocorreram maiores valores de acertos em CEI-49, decrescendo até CE-17. Entretanto, alguns municípios não apresentam um valor de acerto espacial elevado nem mesmo em CEI-49. Ademais, os erros de omissão foram maiores que os de inclusão para a maioria dos municípios nas três estimativas prévias. Com alguns municípios apresentando elevados erros de inclusão ou omissão em CEI-49.

Por outro lado, identificaram-se alguns municípios com acertos espaciais acima de 90% de quando comparados ao mapa de referência já em CEI-17. Entretanto, a maioria dos municípios foi identificada com maior acerto somente em CEI-49, e ainda, com uma ordem decrescente de acerto espacial de CEI-49 a -17. Deste modo, evidenciando que para estes municípios com menor acerto espacial as imagens EVI adquirida entre os DA 49 e 64 são cruciais para a correta identificação das áreas de soja.

6. REFERÊNCIAS

- Asner, G. P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 22, no. 18, 3855–3862, 2001.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho 2011. Brasília: Conab, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_07_15_11_3_18_boletim_julho_2011..pdf>. Acesso: 28 mar. 2012.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Valores das exportações do complexo soja. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=546&t=2>>. Acesso: 30 mar. 2012.
- Didan, K.; Huete, A. R. MODIS Vegetation Index product series Collection 5 change summary. The University of Arizona. Arizona. Jun., 2006. Disponível em: <http://landweb.nascom.nasa.gov/QA_WWW/forPage/MOD13_VI_C5_Changes_Document_06_28_06.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2012.
- Huete, A.; Liu, H. Q.; Batchily, K.; Leeuwen, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, n. 59, p. 440–451, 1997.
- Huete, A.; Justice, C.; Leeuwen, W. V. **Modis vegetation index (MOD 13) algorithm theoretical basis document**, 1999. Disponível em: <modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Relatórios metodológicos. Pesquisas agropecuárias/IBGE, Departamento de Agropecuária. 2ª.ed. Rio de Janeiro, 2002, 92p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/PesquisasAgropecuarias2002.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2012.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2010b Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=p&o=24&i=P>>. Acesso em: 24 ago. 2012.
- Eberhardt, I. D. R.; Rizzi, R.; Risso, J.; Fernandes, S. L. Identificação prévia das áreas de soja por meio da metodologia CEI em imagens MODIS. Congresso de Iniciação Científica (CIC), **Anais do CIC**, Pelotas, Brasil, 2011.

- Justice, C. O.; Vermote, E.; Townshend, R. D.; Defries, R.; Roy, D. P.; Hall, D. K.; Salomonson, V. V.; Privette, J. L.; Riggs, G.; Strahler, A.; Lucht, W.; Mynemi, R. B.; Knyazikhin, Y.; Running, S. W.; Nemani, R. R.; Wan, Z.; Huete, A. R.; Leeuwen, W. V.; Wolfe, R. E.; Giglio, L.; Muller, J. P.; Lewis, P.; Barnsley, M. J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land Remote Sensing for Global Change Research. **IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING**, VOL. 36, NO. 4, p.1228-1249, JULY 1998.
- Leeuwen, W. D.; Huete, A. R.; Laing, T. W. MODIS Vegetation Index Compositing Approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, n. 69, p. 264–280, 1999.
- MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Departamento de Planejamento e Desenvolvimento do Comércio Exterior - DEPLA, da Secretaria de Comércio Exterior – SECEX. Conhecendo o Brasil em números. Brasília. Disponível em: <www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1289222248.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2012.
- Pino, F. A. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agric. São Paulo**, SP, 46(2): 71-105, 1999.
- Pino, F. A. Estimativa subjetiva de safras agrícolas. **Informações Econômicas**, SP, v.31, n. 6, jun., 2001.
- Rizzi, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, p.226-234, 2005.
- Rizzi, R.; Risso, J.; Epiphanyo, R. D. V.; Rudorff, B. F. T.; Formaggio, A. R.; Shimabukuro, Y. E.; Fernandes, S. L. Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS. **Anais do XIV SBSR**. Natal. INPE p.387-394, 2009. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.18.50.57/doc/387-394.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2012.
- Rudorff, B. F. T.; Berka, L. M. S.; Moreira, M. A.; Duarte, V.; Xavier, A. C.; Rosa, V. G. C.; Shimabukuro, Y. E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana em São Paulo: ano-safra 2003/04. **Agricultura São Paulo**, São Paulo, v.52, n.1, p.21-39, 2005.
- Rudorff, B.F.T.; Adami, M.; Risso, J.; Aguiar, D.A.; Pires, B.; Amaral, D.; Fabiani, L.; Cecarelli, I. Remote Sensing Images to Detect Soy Plantations in the Amazon Biome—The Soy Moratorium Initiative: **Sustainability**, v.4, p.1074-1088, 2012.
- USDA – United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Oils seeds: World markets and trade. Circular series, FOP 11-12, Dec. 2011. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2011/Dec/oilseeds_full12-11.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2012.