

Comparação entre resultados de classificação de imagens Landsat e CBERS para estimativa de área cultivada com soja no planalto do Rio Grande do Sul

Eliseu Weber¹
Denise Cybis Fontana^{1,2}
Jorge Ducati¹
Tomás Rech da Silva¹
Tatiana Saralegui Saraiva¹
Luiz Antônio Silva Freitas¹

¹Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia –
CEPSRM/UFRGS
Caixa Postal 15.074 - 91.501-970 – Porto Alegre - RS, Brasil
eweber@portoweb.com.br

²Depto. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/Faculdade de Agronomia - UFRGS
Caixa Postal 776 – 91.540-000 – Porto Alegre - RS, Brasil
dfontana@ufrgs.br

Abstract. Acreage estimate is an essential information in crop surveys. Satellite images, being periodically acquired, can help in acreage estimates at several levels. This work compares the results of digital classification of images from Landsat and CBERS satellites for estimating soybean acreage at county level. The study region is the grain producing zone in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The accuracy assessment was done through 100 randomly distributed points in two counties. Results were similar for both satellite images, with small errors and high agreement between classification and field measurements. It is concluded that CBERS images may be used as substitute for Landsat images in soybean acreage estimates in the studied area.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, crop acreage, sensoriamento remoto, processamento de imagens, estimativa de área cultivada.

1. Introdução

A área plantada com uma determinada cultura constitui informação indispensável para estimar a produção obtida em nível municipal, regional ou nacional. A estimativa da área cultivada é realizada no Brasil pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), através de método baseado em levantamento de informações com agricultores e entidades relacionadas ao setor agrícola (IBGE, 1998). É um dos componentes que recebe maior atenção nos levantamentos de safras oficiais, sendo avaliada várias vezes ao longo do ciclo de cada cultura no intuito de melhorar a qualidade do valor estimado.

A busca de maior objetividade nos prognósticos agrícolas em nível mundial tem impulsionado o emprego de produtos e técnicas de sensoriamento remoto para estimativa de área cultivada, monitoramento das culturas e estimativa de rendimento. O objetivo final é a obtenção de estimativas de produção com maior antecedência e com maior confiabilidade, preferivelmente com redução de custos e da subjetividade em relação aos levantamentos tradicionais (Dutta et al., 1994; Aronoff, 1991; Assad et al., 1993).

Atualmente as imagens de sensoriamento remoto são utilizadas de forma operacional nos sistemas de estimativas agrícolas nacionais de diversos países. Os Estados Unidos, por exemplo, passaram a empregar imagens orbitais após o lançamento do primeiro satélite da série Landsat, em 1972. Em 1974, após a consolidação de uma metodologia de amostragem para as estimativas nacionais, foi o realizado o projeto LACIE (Large Area Crop Inventory

Experiment), com o objetivo de assimilar a tecnologia de sensoriamento remoto, aplicar a metodologia dos levantamentos por amostragem para monitorar a produção de trigo ao redor do mundo e demonstrar a viabilidade técnica e financeira de um sistema de monitoramento agrícola global. Entre 1980 e 1988, como uma expansão do LACIE, os EUA conduziram o AgRISTARS (Agriculture and Resources Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing), que favoreceu a incorporação, de forma operacional, do sensoriamento remoto na rotina dos levantamentos agrícolas (Epiphany et al., 2002).

No final da década de 80, um esforço conjunto de vários países da Europa resultou no projeto MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing), que tinha o objetivo de aplicar diretamente as imagens orbitais na distinção, identificação e mensuração da superfície ocupada pelas culturas agrícolas mais importantes. Conhecida a área cultivada em tempo hábil, havia a possibilidade de estimar a produção e fornecer dados para uma melhor tomada de decisões. Atualmente o MARS funciona sob os auspícios da Comunidade Européia, em que cada país membro possui seu próprio sistema de estimativas agrícolas e um laboratório central gera prognósticos integrados a partir do processamento das estatísticas agrícolas obtidas nos mesmos.

Por razões estratégicas, o LACIE baseou-se em imagens do satélite Landsat e o MARS em imagens SPOT. Ambas as iniciativas nasceram e evoluíram de forma diferenciada, mas tiveram como resultado a introdução das imagens de sensoriamento remoto orbital nos levantamentos oficiais sistemáticos dos países em que foram desenvolvidas.

No Brasil, a partir da década de 80, vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido de avaliar a aplicação de imagens de sensoriamento remoto orbital para realizar ou para auxiliar na estimativa de área cultivada. A maior parte dos estudos baseou-se em imagens Landsat, provavelmente pela maior facilidade de acesso e menor custo que as imagens de outros satélites, como o SPOT.

Batista et al. (1984), por exemplo, relataram a experiência de utilização de imagens Landsat MSS na estimativa de área plantada com cana-de-açúcar, na região de Araçatuba e Guararapes. Rodrigues et al. (1988) avaliaram a possibilidade de determinação do incremento de áreas agrícolas através de imagens Landsat MSS e TM. Moreira (1990) testou a aplicação de expansão direta para estimar áreas de soja e milho através dos dados multiespectrais e temporais do Landsat TM. Weber et al. (1994) compararam área real e área estimada de lavouras de arroz irrigado em 4 safras consecutivas na fronteira oeste do Rio Grande do Sul através de imagens Landsat TM multitemporais. Medeiros et al. (1996) apresentaram uma metodologia para a estimativa de áreas plantadas com culturas de verão, por meio de integração de dados multitemporais Landsat TM da época de baixa ocorrência de nuvens (pré plantio, junho-outubro). Fontana et al. (2000) avaliaram a aplicação de imagens Landsat no contexto da previsão de safra da soja em grandes extensões territoriais. Epiphany et al. (2002) testaram a estimativa de área cultivada com soja e milho através de um sistema de amostragem baseado em imagens Landsat TM.

Os resultados destes e de vários outros trabalhos evidenciaram tanto potencialidades quanto limitações das imagens orbitais para a estimativa de área cultivada em grandes e pequenas extensões territoriais, consistindo importante subsídio para orientar a aplicação da tecnologia do sensoriamento remoto com essa finalidade no Brasil.

Apesar da maior parte dos trabalhos ter utilizado imagens Landsat, supõe-se que resultados semelhantes possam ser obtidos com imagens de outros satélites com características similares. Nesse sentido, as imagens do satélite sino-brasileiro CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) podem representar uma fonte de informação de grande valor para as estimativas agrícolas do país. Foco de uma parceria entre a China e o Brasil, assinada em julho de 1988, o programa CBERS contempla o desenvolvimento e a construção de dois satélites (CBERS 1 e

2). As imagens são distribuídas gratuitamente no Brasil, o que remove a barreira do custo de aquisição e permite o acesso a um grande número de usuários.

Este trabalho tem como objetivo comparar o resultado da classificação digital de imagens Landsat e CBERS para estimativa da área cultivada com soja no planalto do Rio Grande do Sul, a fim de avaliar o desempenho de ambas para aplicação em projetos de previsão de safras.

2. Material e Métodos

A área objeto do presente estudo compreende os municípios de Cruz Alta e Jóia, localizados na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas 53°14'23,5" e 54°25'46,5" W e 28°29'45,2" e 28°57'46,5" S (**Figura 1**). Os dois municípios são importantes produtores de soja e representativos da região maior produtora de grãos do estado.

O material utilizado consistiu em microcomputadores, receptores GPS (*Global Positioning System*) de navegação Garmim GPS 76, malha municipal digital do Rio Grande do Sul do IBGE (situação em 1.997, atualizada para 2.000), softwares Envi 4.0 e Idrisi Kilimanjaro, imagens do satélite CBERS, instrumento CCD (órbita ponto 159/132 de 04/03/2004 e órbita ponto 160/132 de 10/03/2004), imagens do satélite Landsat 5, sensor TM (órbita ponto 222/080 de 18/02/2004 e órbita ponto 223/080 de 25/02/2004) e cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército em escala 1:50.000 da região de estudo

O inventário e seleção das imagens disponíveis na área de estudo no período de interesse foi realizada via internet no catálogo de imagens Landsat e CBERS do INPE (<http://www.dgi.inpe.br>). A preferência foi dada para imagens do mês de fevereiro, período em que a cultura da soja encontra-se em pleno desenvolvimento, facilitando sua identificação e individualização nas imagens (Motta et al., 2001). As imagens CBERS foram acessadas via internet após a seleção das órbitas e datas de interesse, enquanto as imagens Landsat foram adquiridas da forma tradicional, mediante solicitação, pagamento e envio em CD-ROM.

Todas as cenas foram georreferenciadas ao sistema UTM datum SAD 69, com base em 119 cartas topográficas em escala 1:50.000 da DSG. A precisão do registro foi verificada sobrepondo-se a malha municipal digital às imagens georreferenciadas, analisando-se o ajuste de elementos que compõem as divisas municipais visíveis nas imagens, como estradas e rios, por exemplo.

Após o georreferenciamento procedeu-se à classificação digital das imagens com o objetivo de individualizar as áreas de soja, empregando-se o algoritmo de classificação não supervisionada Isodata, no software Envi. Isodata avalia o espaço multiespectral e acomoda iterativamente os *pixels* agrupando-os em torno das médias das classes espectrais, a partir de um número de classes e de um número de ciclos pré-definidos pelo usuário. Estabeleceu-se um mínimo de 5 classes e um máximo de 35 classes, com 3 iterações.

O agrupamento das classes espectrais obtidas na classificação não supervisionada foi realizado com auxílio do *link* dinâmico de imagens no software Envi. Esse *link* permite que o conteúdo de uma imagem seja visualizado dinamicamente sobre outra imagem através de uma janela móvel, facilitando a identificação e associação das classes espectrais resultantes da classificação a uma classe temática. Uma vez identificadas as classes espectrais que constituíam a classe temática soja, elas foram agrupadas, sendo as demais classes desconsideradas. Como resultado dessa etapa produziu-se uma imagem binária da área de soja para cada cena Landsat e CBERS, onde as classes espectrais correspondentes à soja receberam o valor um (1) e as demais o valor zero (0).

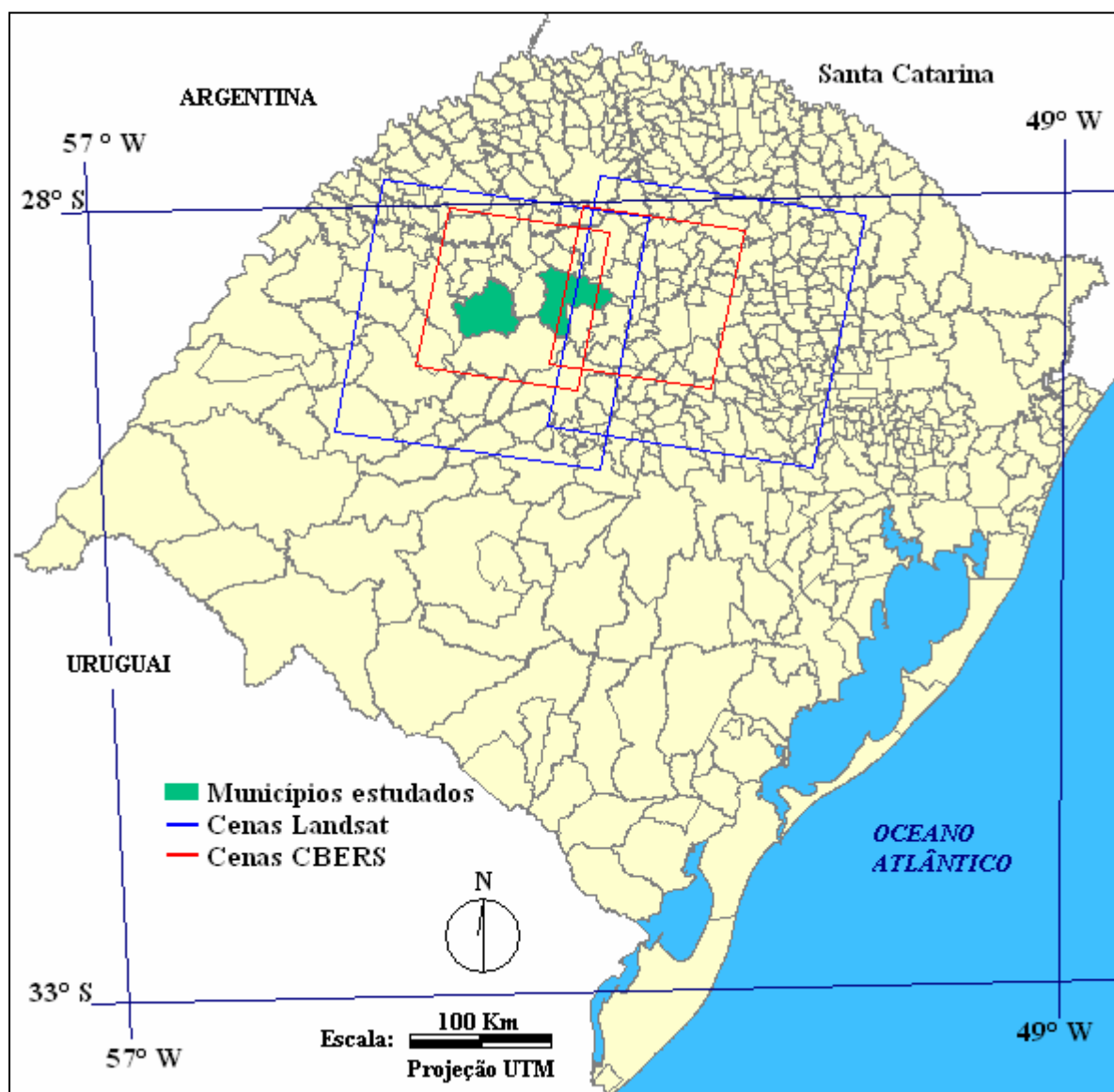


Figura 1. Localização da área de estudo no estado do Rio Grande do Sul e cobertura das cenas Landsat e CBERS utilizadas.

Ao final as imagens com a individualização de áreas de soja foram submetidas a uma etapa de revisão, em que todas as cenas passaram por uma análise visual para detectar e editar eventuais erros de classificação da soja. Concluída a revisão, elaborou-se um mosaico com o resultado final das duas cenas de cada satélite, a fim de facilitar a quantificação da área cultivada nos dois municípios estudados.

Para avaliar a qualidade dos resultados obtidos no processo de classificação e revisão foram coletados dados de apoio em campo. O método utilizado consistiu em visitar 100 pontos distribuídos aleatoriamente no território de cada município e identificar o uso existente no local. As coordenadas dos pontos, obtidas com algoritmo de geração de números aleatórios, foram carregadas em receptores GPS de navegação para facilitar a localização em campo. Todos os pontos foram visitados, identificando-se o tipo de uso no local, e os resultados foram tabulados de forma binária, divididos em “soja” ou “não soja”.

A partir desses dados efetuou-se uma avaliação do grau de acurácia no mapeamento das áreas de soja com as imagens Landsat e com as imagens CBERS, empregando-se o software Idrisi. O resultado da classificação das duas imagens foi cruzado com os pontos visitados em

campo, obtendo-se matrizes de erro com a tabulação dos erros de omissão e de inclusão e o índice Kappa de concordância (Kappa Index of Agreement - KIA). Convém salientar que nesse cruzamento é levado em conta o aspecto locacional dos erros, pois as informações de campo estão associadas à posição do ponto visitado.

Após a avaliação da classificação, o cálculo da área cultivada com soja em cada um dos municípios foi efetuado através do cruzamento em SIG dos limites dos dois municípios estudados com os mosaicos contendo o resultado da classificação das imagens Landsat e das imagens CBERS, empregando-se o software Idrisi. A fim de facilitar o cruzamento, os limites dos dois municípios estudados foram convertidos para o formato *raster*.

3. Resultados e discussão

As **figuras 2 e 3** mostram, respectivamente, o resultado da classificação das áreas de soja com imagens Landsat e com imagens CBERS, incluindo a distribuição espacial dos pontos utilizados para verificação em cada município. As **tabelas 1 e 2** listam as matrizes de erro das classificações das imagens Landsat e CBERS, contendo os erros de inclusão e de omissão expressos como proporções, acompanhados do índice Kappa de concordância entre a classificação e a verdade de campo. A **tabela 3** contém a estimativa de área cultivada com soja nos dois municípios a partir do cruzamento dos limites dos municípios com as classificações das imagens Landsat e CBERS.

Analisando-se os resultados, verifica-se que os erros obtidos por categoria (soja e não soja) e erro global são baixos, tanto para as imagens Landsat quanto para as imagens CBERS. O índice Kappa, por sua vez, apresenta valores altos e muito próximos para as imagens Landsat e para as imagens CBERS, com ligeira vantagem para as imagens CBERS. Kappa indica o grau de concordância do resultado das classificações com a referência de campo e pode assumir valores num intervalo de 0 a 1, sendo que zero (0) indica ausência de concordância e um (1) evidencia total concordância dos dados obtidos com a referência de campo. O cálculo de Kappa inclui o número total de acertos, os erros de omissão e os erros de inclusão.

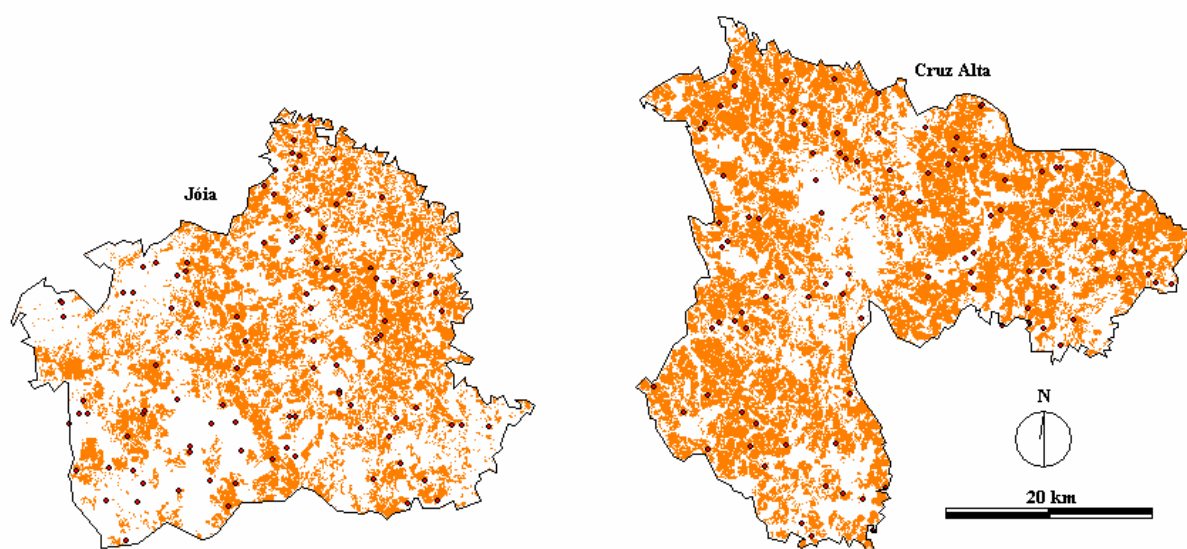


Figura 2. Resultado da classificação das áreas de soja com imagens Landsat, mostrando a localização dos pontos utilizados para verificação da acurácia da classificação.

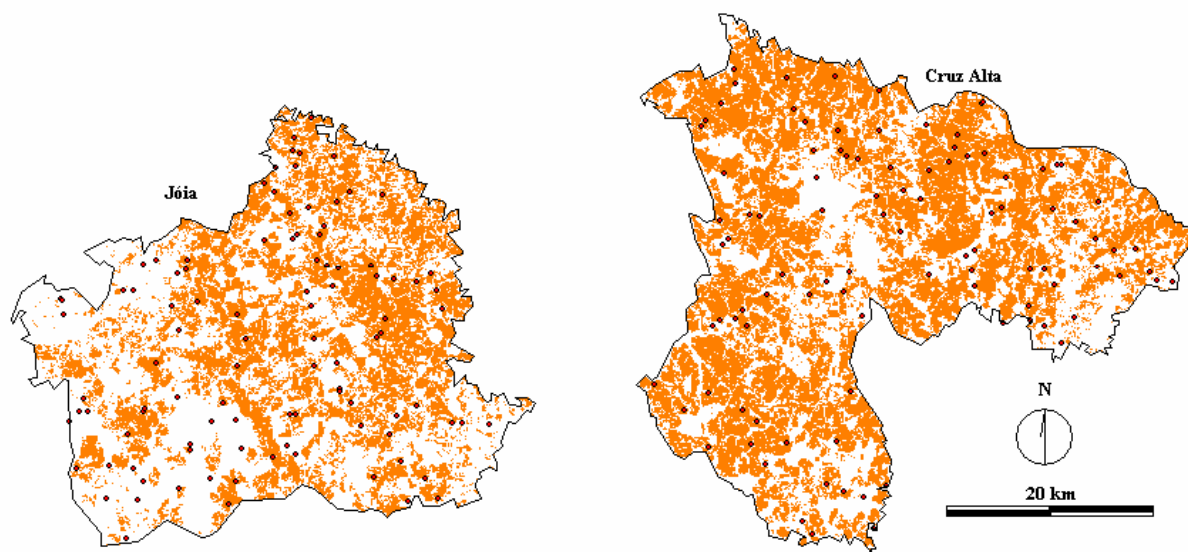


Figura 3. Resultado da classificação das áreas de soja com imagens CBERS, mostrando a localização dos pontos utilizados para verificação da acurácia da classificação.

Tabela 1. Matriz de erros obtida na comparação dos dados de campo com o resultado da classificação de áreas de soja com imagens Landsat nos municípios de Cruz Alta e Jóia (colunas: verdade de campo; linhas: mapeado), acompanhada do Índice Kappa.

Categoria	Soja	Não soja	Total	Erro de inclusão
Soja	89	2	91	0,0220
Não soja	0	109	109	0,0000
Total	89	111	200	0,0100
Erro de omissão	0,0000	0,0180		
	Intervalo de confiança de 90% = +/- 0,0116 (0,0000 – 0,0216)			
	Intervalo de confiança de 95% = +/- 0,0138 (0,0000 – 0,0238)			
	Intervalo de confiança de 99% = +/- 0,0182 (0,0000 – 0,0282)			

Índice Kappa = 0,9798

Tabela 2. Matriz de erros obtida na comparação dos dados de campo com o resultado da classificação de áreas de soja com imagens CBERS nos municípios de Cruz Alta e Jóia (colunas: verdade de campo; linhas: mapeado), acompanhada do Índice Kappa.

Categoria	Soja	Não soja	Total	Erro de inclusão
Soja	103	2	105	0,0190
Não soja	0	95	95	0,0000
Total	103	97	200	
Erro de omissão	0,0000	0,0206		0,0100
	Intervalo de confiança de 90% = +/- 0,0116 (0,0000 – 0,0216)			
	Intervalo de confiança de 95% = +/- 0,0138 (0,0000 – 0,0238)			
	Intervalo de confiança de 99% = +/- 0,0182 (0,0000 – 0,0282)			

Índice Kappa = 0,98

Observando-se a **tabela 3** constata-se que, apesar dos resultados na avaliação de acurácia da classificação serem praticamente idênticos, a área de soja estimada pelas imagens CBERS

foi maior que a estimada com imagens Landsat para os dois municípios. Para Cruz Alta a diferença foi de 3.240,89 ha, perfazendo 4,46% a mais, e para Jóia foi de 2.345,13 ha, 4,98% a mais. Tomando-se a área total estimada com soja nos dois municípios, a diferença foi de 5.586,02 ha, constituindo um valor 4,66% maior na estimativa com imagens CBERS em relação à das imagens Landsat.

Tabela 3. Estimativa de área cultivada com soja (ha) nos municípios de Cruz Alta e Jóia através da classificação de imagens dos satélites Landsat e CBERS.

Município	Área de soja estimada com imagens Landsat (ha)	Área de soja estimada com imagens CBERS (ha)
Cruz Alta	72.645,03	75.885,92
Jóia	47.056,59	49.401,72
Total	119.701,62	125.287,64

As matrizes de erro não evidenciam a diferença verificada na estimativa da área de soja com as imagens CBERS e Landsat nos municípios estudados. É possível que o número e a distribuição espacial dos pontos utilizados para obter a verdade de campo tenham sido inadequados para detectar essas diferenças. Há também a possibilidade de a maior resolução espacial das imagens CBERS permitir melhores resultados na classificação das áreas de soja em função de reduzir a ocorrência de pixels com mistura espectral de outros tipos de cobertura vegetal, especialmente em regiões onde o tamanho das parcelas é reduzido, como na região estudada. Essas hipóteses precisam ser verificadas no futuro.

Para a região estudada e metodologia utilizada as imagens CBERS mostraram bom potencial para substituir ou complementar as imagens Landsat. O uso de imagens CBERS abre a possibilidade de aumentar o número de cenas úteis e melhorar a aplicabilidade das imagens orbitais em regiões com ocorrência de nuvens nos períodos de maior interesse. O custo zero para usuários brasileiros pode representar a viabilidade de inúmeros projetos de aplicação de imagens de sensoriamento remoto, impulsionando a popularização das mesmas e justificando os investimentos públicos realizados no desenvolvimento humano e tecnológico nas últimas décadas.

A única ressalva para aplicações que necessitam obedecer a um cronograma rígido, como os levantamentos oficiais de safra, refere-se à obtenção das imagens CBERS em tempo hábil para fornecer as informações desejadas. Durante a execução deste estudo a solicitação e obtenção das imagens foi rápida e fácil, mas elas foram disponibilizadas com atraso em relação à data de passagem do satélite.

4. Conclusões

As imagens CBERS apresentam um desempenho similar às imagens Landsat para a estimativa de área de soja, com a metodologia de classificação utilizada na região estudada, resultando em valores cerca de 4,7% superiores. Elas podem usadas para este propósito em substituição às imagens Landsat ou para complementar períodos em que estas não podem ser obtidas em função da cobertura de nuvens.

Convém realizar avaliações com maior número de pontos para verificação da verdade de campo, com outros métodos de classificação e em outras regiões, a fim reunir conhecimento para indicar os mais adequados à realidade de cada região. É necessário também reduzir o tempo entre a data de passagem do satélite CBERS e a disponibilização das imagens, a fim de viabilizar aplicações que exigem dados com alta frequência temporal, como os levantamentos de safra.

5. Referências

- Aronoff, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDL , 1991. 294 p.
- Batista, G. T., Tardin, A. T., Rudorff, B. F. T., Lima, A., Mendonca, F., Pinto, S. A. F., Chen, S. C.. **Desenvolvimento e teste de um sistema de fiscalização das operações de crédito agrícola ao nível de município e de propriedades agrícolas utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 1984. (INPE-3239-RPE/462). São José dos Campos.
- Assad, E.D., Sano, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1993. 274 p..
- Dutta, S., et al. Accuracy assessment in cotton acreage estimation using Indian remote sensing satellite data. **Jornal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.49, n.6, p. 21-26, 1994.
- Epiphânio, J. C. N.; Luiz, A. J. B.; Formaggio, A. R.. Crop area estimates using simple sampling scheme on satellite images. **Bragantia**, vol.61, n.2, p.187-197 maio/ago 2002.
- Fontana; D.C; Weber; E.; Ducati, J.; Figueiredo, D.C.; Berlatto, M.A; Bergamaschi, H. 2000 Monitoramento e previsão de safras no Brasil. Simposio latinoamericano de percepción remota, 9. **Anais...** 2000, Puerto Iguazu, Argentina.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Revista Brasileira de Estatística - RBE**; Ano 49, n. 191, p.55-84, jan /jun 1988.
- Medeiros, Ana Maria P. et al. Imagens Landsat na Estimativa de Áreas de Cana-de-Açúcar, Milho e Soja. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8. **Anais...** 1996, Salvador, CD ROM.
- Moreira, M.A. Uso da expansão direta para estimar áreas de soja e milho através dos dados multiespectrais e temporais do LANDSAT/TM. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,6.. **Anais...** 1990, Manaus, vol. 3, p. 781-791.
- Motta, J.L.G.; Fontana, D.C.; Weber, E.. Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. **Anais...** 2001, Foz do Iguaçu/PR.
- Rodrigues, R.L.V., Valério Filho, M., Mendonça, F.J., Santos, R., Rodrigues, L.F.H. Determinação do incremento de áreas agrícolas através de imagens MSS-TM/LANDSAT. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5. **Anais...** 1988, Natal, vol. 1, p. 195-203.
- Weber, E.J.; Santos, M.V. Analisis estadístico de la estimación de areas cultivadas con arroz (Oriza sativa L.) bajo riego utilizando productos de percepción remota. Simposio Argentino de Teledetección, 3. **Anais...** 1994, Universidad Nacional de Cordoba. Cordoba, Argentina.