

## Estimativa de Área de Soja no Rio Grande do Sul Utilizando Imagens NDVI/MODIS\*

Ana Paula Luz Wagner<sup>1</sup>  
Eliseu Weber<sup>1</sup>  
Denise Cybis Fontana<sup>1,2</sup>  
Jorge Ricardo Ducati<sup>1</sup>  
Eliana Klering<sup>1</sup>

\*Trabalho financiado pela CONAB/PNUD

<sup>1</sup>Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale  
Cx.P. 15044, CEP.91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil  
Fone: (051) 3316-6221 - Fax: (051) 3316-6657  
[ana.wagner@ufrgs.br](mailto:ana.wagner@ufrgs.br)  
[eweber@portoweb.com.br](mailto:eweber@portoweb.com.br)  
[ducati@if.ufrgs.br](mailto:ducati@if.ufrgs.br)  
[elianaklering@yahoo.com.br](mailto:elianaklering@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Faculdade de Agronomia – Departamento de Agrometeorologia e Plantas Forrageiras  
Av. Bento Gonçalves 7712, CX.P. 15100. Porto Alegre, RS, Brasil  
[dfontana@ufrgs.br](mailto:dfontana@ufrgs.br)

**Abstract.** The Brazilian agricultural estimates still are strongly based on subjective surveys. In the last years several researches have been developed shown that the remote sensing products can be an important source of objective products. The aim of this study was to evaluate the application of NDVI MODIS image as a ease and fast estimator of the soybean crop area in the Rio Grande do Sul state. The applied methodology uses the temporal dynamic of the soybean crop through the evaluating of the NDVI behavior in some characteristic periods of the crop cycle in the main producer region of the State. The soybean map area produced by a Landsat image was used as a crop mask for extracting the average and standard deviation statistics. This information was used to define NDVI bands corresponding to the implantation and full development periods of the crop. The cross-matches of these binary images were used to map soybean areas. The results had shown the possibility of using this method to map soybean areas in Rio Grande do Sul. The agreement between the numbers of soybean pixels classified in the MODIS image related to the soybean areas identified in the Landsat images was 83.98%, with 0.48 of Kappa. The omission and commission error was near to 42% each. The difference between the crop area in the MODIS and Landsat images was 2.38%. When the comparison was made using MODIS and IBGE data, the difference gone up to 18.78%. The results were very good in soybean regions with high heterogeneity caused by the size, technology and crop calendar, excusing any other type of edition on the classified image. This methodology allows one to produce good indication of the soybean area using a simple, economic and fast form.

**Palavras-chave:** agricultural estimates, NDVI/MODIS, digital classification, statisticians of spectral distribution, estimativa de área, NDVI/MODIS, classificação digital, estatísticas de distribuição espectral.

### 1. Introdução

A soja foi introduzida no Brasil no final do século XIX, tendo mostrado uma grande expansão de área de cultivo a partir da década de 1970. Em 2003 o Brasil já era responsável por 26,8% da safra mundial, o que representava 52 milhões de toneladas. A área cultivada com soja no Brasil tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas, atingindo não somente os estados do sul do Brasil como também, mais recentemente, o Brasil Central (EMBRAPA, 2005).

Atualmente, a estimativa de área cultivada no Brasil é realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) de forma subjetiva, considerando dados obtidos de entrevistas com produtores e cooperativas, dados de financiamentos agrícolas, entre outras fontes. Dada a importância econômica e social do setor agrícola para o País, a CONAB está coordenando um projeto, denominado Geosafra, cujo objetivo é o desenvolvimento e teste de metodologias objetivas que possam ser incorporadas ao programa de acompanhamento e previsão de safras no Brasil.

Com o advento da tecnologia de imageamento por satélite, já se desenvolveram várias pesquisas relacionadas à estimativa de área cultivada utilizando dados de sensores orbitais. Estes estudos vêm demonstrando a disponibilidade de mais uma fonte de informação na definição de valores de área cultivada. A utilização de imagens de satélite permite a quantificação de áreas de forma menos subjetiva, mais rápida e levando em conta as diferentes escalas regionais. Salientam-se, entretanto, limitações nesta tecnologia associadas às características de resoluções espaciais, espectrais, temporais, bem como da disponibilidade de imagens com baixa cobertura de nuvens.

Dentre os produtos gerados a partir de técnicas de sensoriamento remoto, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), obtido a partir da razão entre a subtração e soma das refletâncias das bandas da região do infravermelho próximo e do vermelho do espectro eletromagnético (Rouse et al., 1973). De modo geral, este índice tem tido importante função no monitoramento de cultivos por indicar uma associação direta entre sua grandeza e as condições hídricas e de biomassa no desenvolvimento das culturas (Fontana et al., 1998).

No caso do Rio Grande do Sul, a cultura da soja é um setor representativo da economia regional cuja maior parte da área cultivada está na porção norte do Estado, avançando, sistematicamente, nos últimos anos para o sul. Ainda assim, segundo dados do IBGE, aproximadamente 80% destas lavouras concentram-se na metade norte.

O calendário agrícola para a soja no Rio Grande do Sul tem seu início no mês de novembro, quando se concentra a semeadura, e encerra com a colheita, que normalmente ocorre em abril e maio (EMATER, 2006). Segundo Motta et al. (2003), na evolução temporal do NDVI para a soja é possível reconhecer dois períodos importantes que correspondem aos meses de novembro e fevereiro, aos quais apresentam os valores mínimos e máximos de NDVI, respectivamente. Em novembro, com a semeadura observa-se forte resposta espectral do solo ou palha, enquanto que em fevereiro predomina a resposta da planta, a qual se encontra em pleno vigor vegetativo.

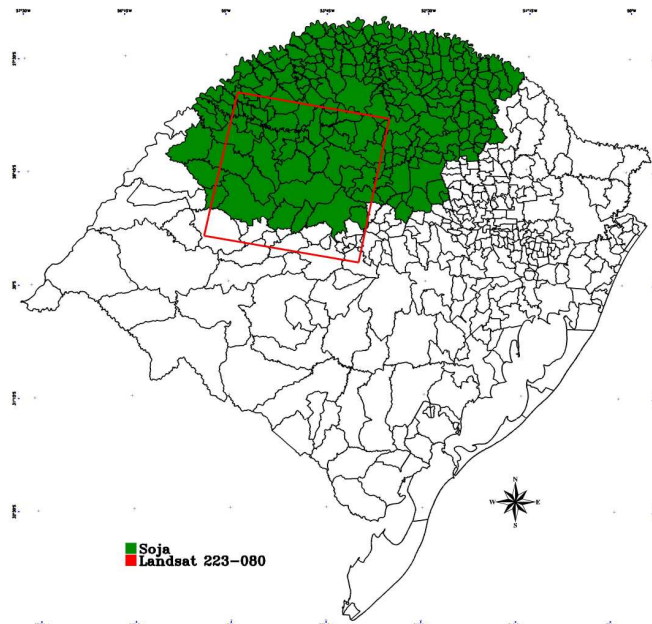
De modo geral, na estimativa de área cultivada por dados orbitais, normalmente são feitas classificações de forma a quantificar as regiões sobre imagens que correspondem à cultura de interesse (Weber et al., 2005), mostrando elevada acurácia quando comparado com dados coletados a campo. O maior desafio desta tecnologia está na operacionalização de ações capazes de fornecer as informações necessárias para grandes regiões, em tempo hábil e compatível com o cronograma dos levantamentos oficiais.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um método objetivo para a estimativa de área cultivada de soja no Estado do Rio Grande do Sul com base em informações espectrais dadas pelo NDVI, obtido através de imagens orbitais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectro-Radiometer*), a bordo do satélite TERRA.

## 2. Material e Métodos

A pesquisa foi realizada no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, que corresponde à área de maior produção de soja no Estado (**Figura 1**) para a safra 2005/2006 e cujo ciclo inicia em novembro e tem seu pico ou o maior desenvolvimento vegetativo em fevereiro.

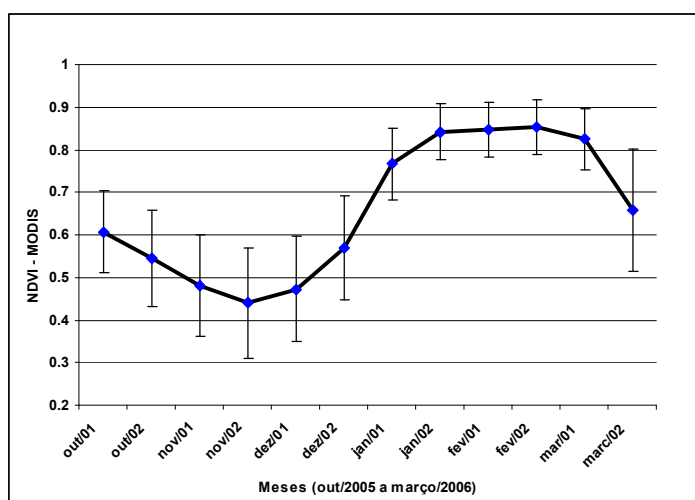
Foram utilizadas imagens de diferentes resoluções: uma imagem Landsat (órbita-ponto 223-080) e um conjunto de imagens NDVI/MODIS. A partir da imagem Landsat foi obtida a máscara de áreas cultivadas com soja, através da classificação não-supervisionada realizada no âmbito do projeto Geosafra. Esta máscara foi utilizada para extração dos dados estatísticos das áreas cultivadas com soja e avaliação da evolução temporal do NDVI/MODIS. Para a comparação do resultado também se utilizou um mapeamento Landsat de todo o Estado como apoio.



**Figura 1.** Estado do Rio Grande do Sul indicando em verde região maior produtora de soja. O retângulo representa a imagem Landsat utilizada para a definição da máscara de soja.

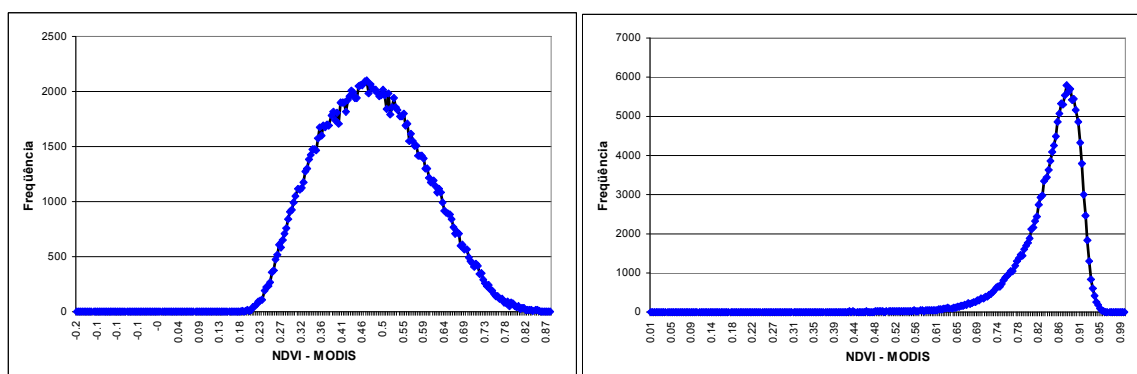
A escolha da órbita-ponto da imagem Landsat levou em conta que a máscara deveria conter a maior diversidade possível de lavouras de soja, tanto em função do tamanho quanto em termos da tecnologia empregada. Além disso, a região também se destaca por apresentar calendário agrícola diferenciado ao longo da cena. Já para as imagens MODIS foram escolhidas as composições de NDVI de 16 dias e com resolução espacial de 250m, disponibilizadas pela EOS/NASA, referentes aos períodos de imageamento em início de outubro de 2005 ao final de março de 2006.

Especialmente no período correspondente a 01/11/2005 a 16/11/2006 (novembro 01) e 02/02/2006 a 17/02/2006 (fevereiro 01), em que se observam as maiores diferenciações do NDVI (**Figura 2**), foi aplicada a metodologia de Realce de Distribuição. O índice 01 ou 02 refere-se ao conjunto de imagens NDVI que podem ser dos primeiros 16 dias do mês ou os últimos, respectivamente.



**Figura 2.** Evolução temporal do NDVI/MODIS em lavouras de soja. Os números de 01 e 02 referem-se a cada período de 16 dias de imagens, iniciando em outubro 01/ e finalizando em março 02.

O método do Realce de Distribuição é uma técnica que permite separar as lavouras de soja do conjunto através da exploração das características temporais e espectrais da mesma. Para tanto, o processo é dividido em etapas. Inicialmente, sobre as imagens de NDVI/MODIS dos meses de novembro 01 e fevereiro 01 são extraídos os valores médios de NDVI apenas das lavouras de soja utilizando como máscara uma área piloto da imagem Landsat (**Figura 3**).



**Figura 3.** Da esquerda para a direita: histograma de distribuição do NDVI em lavouras de soja sobre imagens MODIS na primeira quinzena de novembro/2005 e fevereiro/2006, respectivamente.

Na seqüência, identificou-se intervalos de NDVI nos quais, nos histogramas, correspondem a valores mais representativos da distribuição. O critério baseou-se numa escolha estatística partindo da média de NDVI e somadas diferentes combinações do desvio padrão. Estudos realizados para safra 2003/2004, utilizando a mesma metodologia, indicaram que a faixa que mais se ajusta - quando comparada com estimativas de área cultivada a partir de classificação por imagens Landsat - está entre o valor médio mais ou menos a soma de 1,125 desvios padrão. Assim, em cada data definiu-se uma faixa de NDVI independente (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Estatística dos valores de NDVI/MODIS em lavouras de soja utilizando máscara obtida por classificação com imagem Landsat órbita-ponto 223-080.

	Média ( $\mu$ )	Desvio-padrão ( $\sigma$ )	NDVI/MODIS Inicial ( $\mu - 1,125 \sigma$ )	NDVI/MODIS Final ( $\mu + 1,125 \sigma$ )
<b>Novembro 01</b>	0,4805	0,1184	0,3473	0,6137
<b>Fevereiro 01</b>	0,8474	0,0636	0,7758	0,9189

Estas imagens, então, foram reamostradas para dados binários de modo que todos os valores de NDVI dentro do intervalo definido (média  $\pm$  1,125 desvio padrão) passaram a assumir valor 1 e todos os outros assumiram o valor zero. Com isto, o objetivo é separar NDVIs predominantemente característicos de solo exposto (novembro) e soja (fevereiro). No entanto, as imagens binárias resultantes, de forma isolada, contêm mistura espectral com alvos que não são soja ou solo, por exemplo:

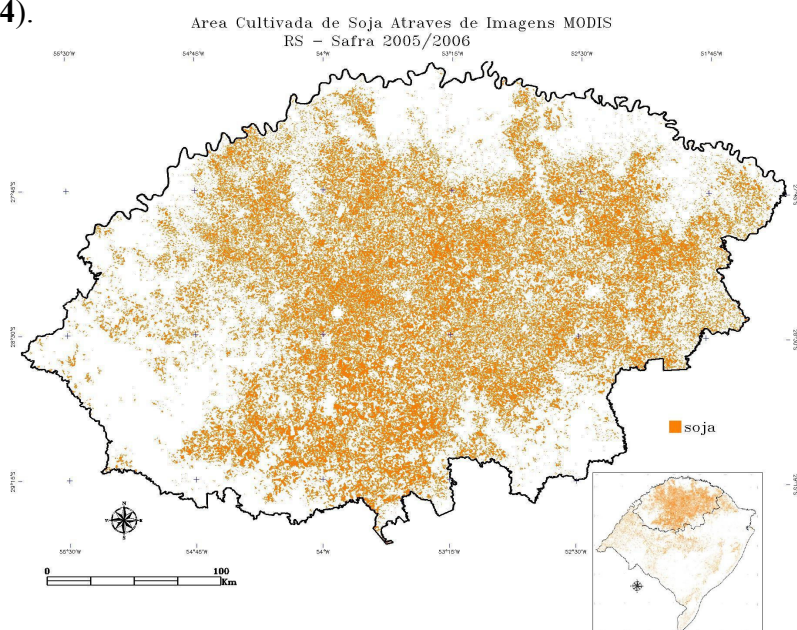
- novembro 01: áreas preparadas para plantio, estradas, áreas urbanas: todos os valores de NDVI associados com características de solo exposto.
- fevereiro 01: lavouras, florestas, reflorestamentos: todos os valores de NDVI associados com grande biomassa.

A etapa final do processamento consistiu no cruzamento destes dois planos de informação. O cruzamento resultou em uma imagem de soja e ‘não-soja’ determinada pela multiplicação cruzada das imagens binárias. Assim, restaram apenas aquelas regiões com alta diferenciação nos meses de novembro 01 e fevereiro 01 as quais continham valores de NDVI, sendo eliminadas as confusões características de cada data.

As áreas de soja resultantes foram posteriormente calculadas e apresentadas comparações destas com o mapeamento da soja realizado com imagens Landsat sobre toda a região e dados do IBGE.

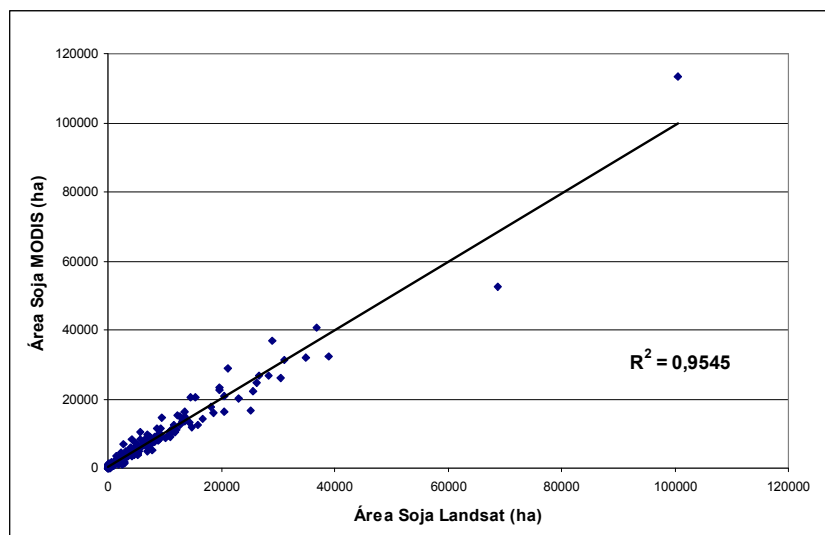
### 3. Resultados e Discussão

Os resultados da metodologia aplicada apenas na porção norte do RS podem ser vistos a seguir. (**Figura 4**).



**Figura 4.** Resultado da aplicação do método de Realce de Distribuição em imagens NDVI/MODIS.

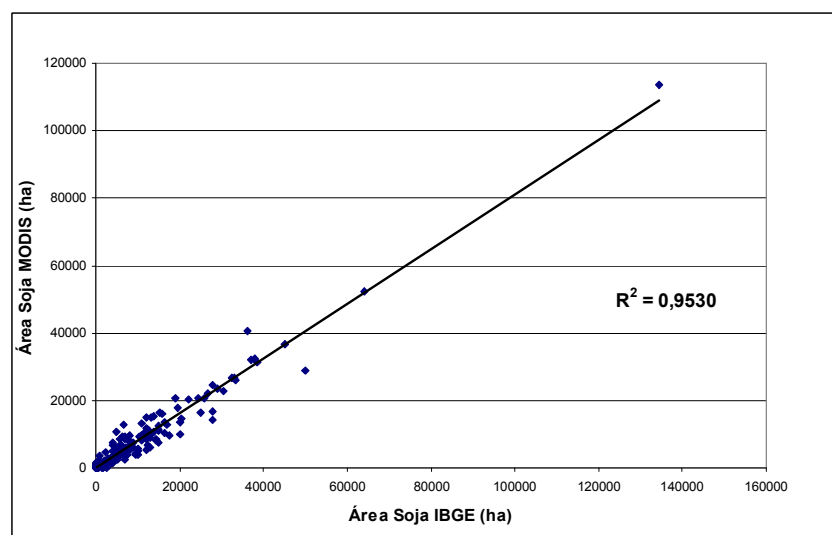
No caso do mapeamento com Landsat nesta área algumas cenas apresentaram nuvens, de modo que foram comparadas as estimativas de área cultivada com soja entre os municípios comuns com MODIS, isto é, somente para aqueles municípios que não apresentaram nuvens e estavam 100% cobertos pelo mapeamento Landsat (**Figuras 5**);



**Figura 5.** Todos os municípios coincidentes na porção Norte do Rio Grande do Sul pelos mapeamentos Landsat e MODIS em que não há nuvens e foram 100% cobertos pelo Landsat.

É possível observar no gráfico de dispersão que houve uma grande concordância entre a área mapeada com os dois métodos, com um coeficiente de determinação de 0,9545.

Da mesma forma, os resultados foram muito bons quando a comparação foi feita entre os dados MODIS e dados do IBGE (**Figura 6**).



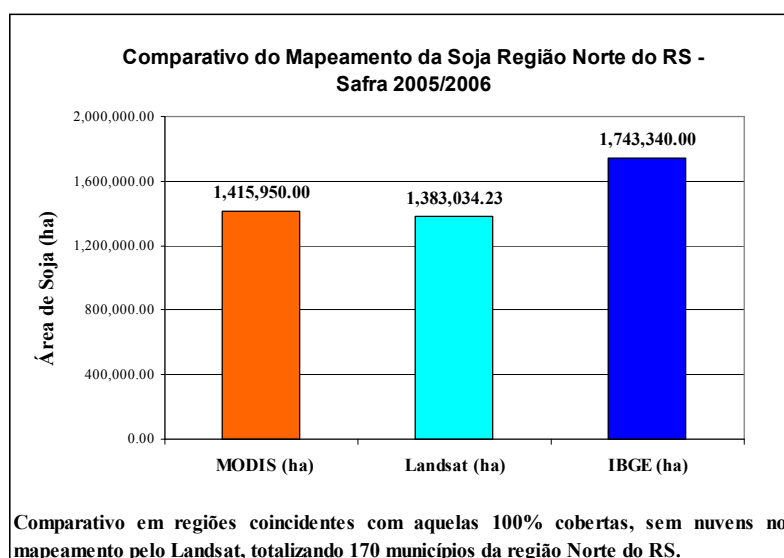
**Figura 6.** Comparação do mapeamento MODIS e IBGE para todos os municípios coincidentes na porção Norte do RS também pelo Landsat.

Quando se analisou o aspecto de coincidência espacial entre mapeamentos MODIS e Landsat, verifica-se que o método de Realce de Distribuição com imagens NDVI/MODIS obteve uma proporção entre o número total de *pixels* identificados como soja na imagem

MODIS em relação às áreas de soja delimitadas nas imagens Landsat de 83,98% e um índice *Kappa* de 0,48. Além disso, os erros de omissão e comissão ficaram na ordem de 42% cada.

Na **Figura 7** nota-se grande semelhança com o total entre a área de soja com imagens MODIS e Landsat para os municípios comuns, apresentando diferença percentual de 2,38%. Quando se comparou com o dado do IBGE a variação passou para 18,78 %.

Trabalhos anteriores têm revelado uma acurácia elevada quando comparados mapeamentos com imagens Landsat e dados de campo (MOTTA et al., 2001; WEBER et al., 2005). Entretanto, apesar da alta concordância destes dados, em muitos casos tem-se verificado discrepâncias consideráveis entre as estimativas de área obtidas em nível de município através das imagens e as estimativas obtidas pela CONAB e IBGE.



**Figura 7.** Comparativo do mapeamento da soja utilizando MODIS, Landsat e dados do IBGE, para os municípios da região norte do RS que em que não há nuvens e foram 100% cobertos pelo Landsat.

Nesta área mapeada houve grande separabilidade espectral da soja com os outros alvos. Apesar dos resultados encorajadores deve-se destacar que se a metodologia for estendida para todo o estado possivelmente ocorra confusão espectral entre a soja e o arroz, devendo ser aprofundados os estudos para extrapolação desta metodologia para outras regiões.

#### 4. Conclusões e Recomendações

Estes resultados mostram alta correlação entre os mapeamentos se observados em escala municipal. No entanto, a técnica foi desenvolvida para atender necessidades regionais, permitindo apresentar tendências de estimativa de área antes mesmo de iniciar a colheita, uma vez que as imagens NDVI/MODIS estão disponíveis em até 8 dias após completar 16 dias de imageamento.

A pretensão do método é fornecer uma informação capaz de dar um indicativo de área cultivada de soja dentro das limitações da resolução espacial que caracteriza as imagens NDVI/MODIS (250m). Mesmo em nível municipal, o mapeamento, ainda que resultante de um sensor de média resolução apresentou bom ajuste, pois nenhuma pós-edição foi aplicada sobre o resultado final. Já no caso do mapeamento com imagens Landsat ocorreu uma

exaustiva edição sobre as imagens classificadas devido à confusão espectral com outros alvos, bem como efeitos de sombreamento de relevo no extremo norte da região.

É importante salientar que a definição da faixa de corte no histograma de distribuição de NDVI/MODIS é muito dinâmica. Recomenda-se para cada safra a utilização de uma imagem classificada obtida a partir de um sensor de melhor resolução espacial como área piloto, a qual servirá como máscara na extração das informações estatísticas (média e desvio-padrão). Isto permite que os dados se ajustem as características da região de acordo com as condições climáticas e tecnológicas na safra em questão.

Ainda assim, os resultados foram muito bons mesmo em regiões de cultivo de soja muito heterogêneas em função de área, tecnologia e calendário agrícola, dispensando qualquer tipo de edição final sobre a imagem classificada. Neste aspecto é possível obter bons indicadores de área cultivada de soja de forma simples, econômica e rapidamente.

## Referências

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004**. Disponível em < <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> >. Acesso em 20 jun 2005.

Fontana, D. C.; Berlato, M. A.; Bergamaschi, H.. Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, 1399 -1405, 1998.

Motta, J. L. G.; Fontana, D. C; Weber, E. Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por *pixels* com proporções variáveis de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 11, n. 2, p. 353-369. 2003.

Motta, J.L.G.; Fontana, D.C.; Weber, E. 2001. Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. **Anais**. Foz do Iguaçu/PR.

ROUSE, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: ERTS SYMPOSIUM, 3. NASA 351, p.309-317. 1973.

Weber, E.; Fontana, D. C; Ducati, J.; Silva, T. R; Saraiva, T. S; Freitas, L. A. S. Comparação entre resultados de classificação de imagens Landsat e CBERS para estimativa de área cultivada com soja no planalto do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 321-328. CD-ROM. ISBN 85-17-00018-8.