

Análise das Estimativas de Área de Soja no Estado do Rio Grande do Sul Geradas por Imagens NDVI/MODIS Coleções 4 e 5

Juliana Silveira dos Santos¹
Anderson Gehrardt¹
Denise Cybis Fontana^{1,2}

¹Centro 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

juliana.silveiradossantos@gmail.com
meninoandi@yahoo.com.br

²Faculdade de Agronomia–Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Av. Bento Gonçalves 7712, Cx.P. 91540-000. Porto Alegre – RS – Brasil

dfontana@ufrgs.br

Abstract. The NASA Earth Observing System Data Gateway made available recently a new collection of NDVI/MODIS images, called collection 5, in which the images of all available historical series have been re-processed. With the improvement in the compositions products it was possible to minimize the effect of clouds and aerosols in the images and to add new parameters in the available products. The goal of this work is to compare and to evaluate the results obtained by collections 4 and 5 of MODIS products to estimate the soybean crop area. The methodology used is based on the spectral information of MODIS/NDVI product and considers only the soybean areas obtained by Landsat images. The data of soybean area obtained through orbital data were compared to official data provided by IBGE. The results showed that the magnitude of the differences identified between collections 4 and 5 of products MODIS-NDVI indicates the possibility of continuity in the use of the information contained in NDVI images of the collection 5 in methods and models developed with collection 4. There are advantages in using the medium spatial resolution images for the estimate of soybean area can be observed, since the data estimated by IBGE are obtained by a subjective form.

Palavras-chave: statisticians of spectral distribution, remote sensing, Terra/MODIS, estatísticas de distribuição espectral, sensoriamento remoto, Terra/MODIS.

1. Introdução

A utilização de imagens de satélite permite a identificação e quantificação de áreas de forma objetiva e rápida, o que é relevante para o contexto agrícola brasileiro, dada à extensão territorial das áreas de cultivo. O Estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, tem grande importância no contexto agrícola nacional, contribuindo significativamente para o total de grãos produzidos em nível nacional. Com uma área que representa 3,3% da área total do território brasileiro, o Estado contribui com cerca de 24% da produção nacional de grãos. Segundo dados médios de 10 anos publicados pela CONAB (2006), no Rio Grande do Sul as culturas de maior expressão são a soja, que apresenta a maior área de plantio (área de 3,19 milhões de ha e produção de 5,96 milhões de ton), o milho (área de 1,56 milhões de ha e produção de 4,38 milhões de ton), o trigo (área de 1,09 milhões de ha e produção de 617 mil ton.) e o arroz (área de 928 mil ha. e produção de 4,94 milhões de ton). A implementação de políticas adequadas, geradas a partir de pesquisas adaptadas à região e aplicadas ao Estado, têm efeito potencializador sobre a produção agrícola nacional.

A distribuição da vegetação e sua fenologia estão largamente associadas com fatores climáticos, com características fisiográficas do terreno e com atividades humanas. Assim como muitos dos fenômenos ecológicos, a fenologia é fortemente relacionada à expressão dos

genes e ao ambiente, e vêm sendo estudada tanto em nível de organismos individuais quanto em modelos de escalas regionais e globais (Anderson & Shimabukuro, 2007).

O desenvolvimento fenológico determina mudanças estruturais da vegetação ao longo da estação de crescimento, as quais resultam em correspondentes mudanças gradativas na refletância, definindo um perfil espectro-temporal para a mesma. A caracterização destes perfis permite a diferenciação entre as espécies vegetais, enquanto que as mudanças na forma do perfil característico de uma determinada vegetação podem estar associadas à condição da mesma (Justice, 1991). O acompanhamento sistemático e continuado da fenologia permite, a longo prazo, o entendimento das mudanças da dinâmica dos agroecossistemas. A curto prazo pode-se estabelecer inferências quanto ao acúmulo de biomassa e rendimento de grãos, muito útil em programas de previsão de safras.

Para monitorar a dinâmica da fenologia da vegetação freqüentemente são utilizados os denominados índices de vegetação. Dentre os diversos índices propostos, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*) é o que tem sido mais extensamente utilizado.

O NDVI é disponibilizado no produto MOD13A1 do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectro-Radiometer*), a bordo do satélite TERRA. O sensor MODIS foi projetado para atender os requerimentos de três campos de estudos: a atmosfera, o oceano e a terra. Este sensor apresenta 36 bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para o conhecimento de diferentes necessidades observacionais e para oferecer uma cobertura global quase diariamente. As bandas direcionadas para aplicações terrestres são as de 1 a 7, e apresentam resolução espacial de 250m, 500m e 1 km. Os produtos MODIS estão disponíveis gratuitamente e podem ser adquiridos na forma de mosaicos de composição de 16 dias. Devido às características deste produto, é possível analisar as alterações da fenologia de culturas agrícolas, podendo-se acompanhar os principais estádios de desenvolvimento e a sua variação entre anos diferentes. Uma característica importante em relação ao MODIS é a de que os dados, já vêm georreferenciados e corrigidos para efeitos atmosféricos. (Huete et al., 2002).

Em estudos recentes no Estado do Rio Grande do Sul, verificou-se a viabilidade de uso das imagens MODIS/TERRA, para o monitoramento da evolução de culturas e para a contextualização espacial de anomalias no crescimento das mesmas em consequência da variabilidade climática (Junges et al., 2007); como indicador de rendimento de culturas (Rizzi, 2005; Klering, 2007).

Para a identificação de áreas ocupadas por culturas, tem sido desenvolvidas várias pesquisas relacionadas à estimativa de área cultivada utilizando dados de sensores orbitais. 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. (Wagner et al., 2007).

Recentemente, o EOS (*Earth Observing System Data Gateway*) da NASA iniciou a disponibilização de uma nova coleção de imagens NDVI/MODIS, denominada coleção 5, na qual as imagens de toda a série histórica (desde ano 2000) foram re-processadas. Com isto buscou-se diminuir os efeitos de nuvens e aerossóis nas imagens como, por exemplo, a identificação da entrada diária de nuvens possibilitando melhores resultados em produtos de composições. Também foram adicionados novos parâmetros e melhorias na capacidade de detecção de mudanças nos produtos disponibilizados (Huete, 2006).

As imagens da coleção anterior (coleção 4) foram extensamente utilizadas para fins de monitoramento agrícola, estimativa de área cultivada e modelagem de rendimento. O objetivo deste trabalho foi comparar e avaliar os resultados obtidos com as coleções 4 e 5 dos produtos MODIS para estimar área cultivada de soja através das informações espectrais do produto MODIS/NDVI.

2. Material e Métodos

A área de estudo abrangeu a porção Norte do Estado do Rio Grande do Sul, que corresponde à área de maior produção de soja no Estado (**Figura 1**).

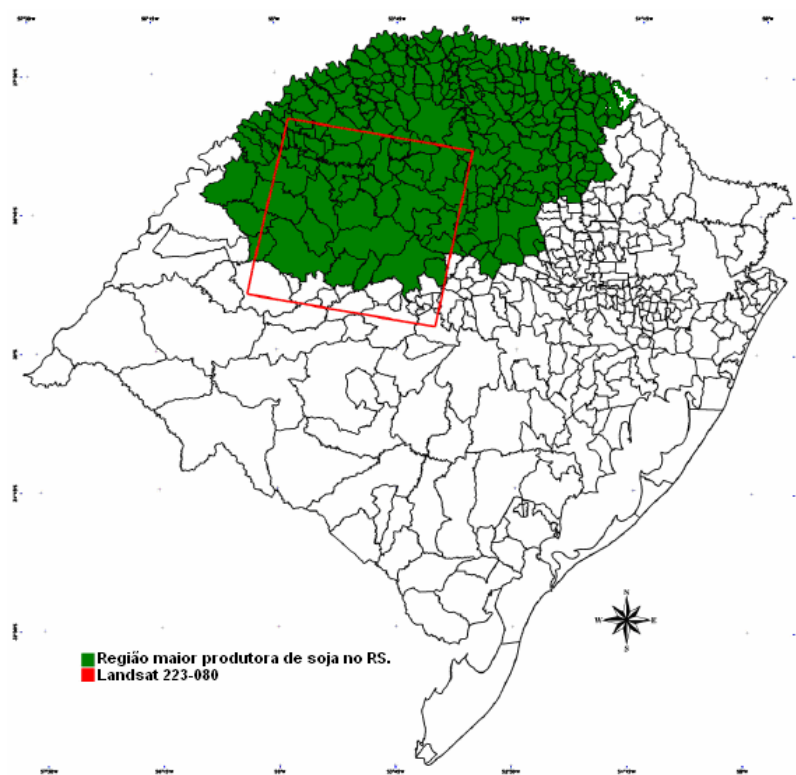


Figura 1. Em verde região Norte do Estado do Rio Grande do Sul, o retângulo em vermelho ilustra a cena Landsat utilizada para mapear lavouras de soja.

A estimativa de área cultivada de soja foi feita para as coleções 4 e 5 do produto NDVI/MODIS, sendo que o método utilizado baseou-se na metodologia de Realce de Distribuição desenvolvida por Wagner et al (2007). Para a geração das estimativas para as duas coleções foram aplicados os mesmos procedimentos, utilizado o software ENVI 4.3.

Foram utilizadas imagens de sensores de características diferentes: uma cena Landsat TM órbita-ponto 223-80 (30m de resolução espacial) classificada e um mosaico de imagens NDVI/MODIS (250m de resolução espacial).

A imagem Landsat classificada foi utilizada como máscara de soja. Esta imagem foi produzida no contexto do projeto GEOSAFRAS/CEPSRM, através de uma classificação não-supervisionada e extenso trabalho de verificação a campo. Este dado foi tomado, portanto, como referência.

As imagens NDVIMODIS foram referentes a novembro de 2005 e fevereiro de 2006, quando se observam as maiores diferenciações do NDVI, ou seja, valores mínimos e máximos ao longo do ciclo. No mês de novembro, com a semeadura, têm-se a maior resposta espectral do solo e da palha e no mês de fevereiro observa-se que a predominância da resposta espectral está na soja que encontra-se em pleno vigor vegetativo.

O método de Realce da Distribuição consiste na extração dos valores de média e desvio padrão nas imagens NDVI/MODIS, nos meses de novembro e fevereiro, considerando apenas as áreas de soja obtidas da máscara Landsat. A faixa de desvio padrão que mais se ajusta quando comparada com estimativas de área cultivada de soja a partir de classificação

por imagens Landsat é o valor de 1,125 desvio padrão (Wagner et al, 2007). Este procedimento foi feito para ambas coleções (4 e 5).

Na sequência, os valores de média e desvio padrão obtidos nas imagens MODIS das áreas sob a máscara foram extrapolados para toda a área de estudo a fim de se estimar a área total de soja na região maior produtora. Este processo consistiu na reamostragem das imagens dos dois meses (para as coleções 4 e 5) para dados binários, onde os valores de NDVI dentro do intervalo definido ($\mu \pm 1,125$) passaram a assumir valor 1 e os demais assumiram valor 0.

As imagens binárias obtidas buscaram separar NDVI's predominantes característicos de solo exposto (novembro) e de soja (fevereiro). As imagens binárias isoladamente contêm mistura espectral de alvos que não são solo ou soja, ou seja, para novembro valores de NDVI associados a solo exposto e para fevereiro valores associados a grande biomassa. A finalização do processo consiste em eliminar estas confusões de cada data, o que foi feito multiplicando as imagens de novembro e fevereiro. Como resultado obteve-se uma imagem booleana com somente duas classes: soja e não soja. Aplicando esta metodologia restaram apenas regiões com alta diferenciação nos meses de novembro e fevereiro.

A partir das imagens booleanas foi obtida uma imagem diferença entre as coleções 4 e 5. Para isto, foi realizada a soma das imagens booleanas e depois a normalização da imagem resultante. Com a imagem normalizada obteve-se *pixels* com valores de 0, 0,5 e 1,0. Onde classificou-se valores 0, como soja em nenhuma imagem, valores 0,5 como soja só em uma imagem e valores 1,0 como soja nas duas imagens.

Finalmente, foi realizada uma comparação das quantificações de áreas cultivadas com soja no Rio Grande do Sul, obtidas pelo IBGE e através do uso de imagens Landsat e MODIS.

3. Resultados e Discussão

Na **Tabela 1** são mostrados os valores de média e desvio padrão de NDVI/MODIS, obtidos na área sob a máscara construída a partir da imagem Landsat classificada. Pode-se observar que, apesar de pequenas, ocorreram diferenças entre os valores entre as coleções 4 e 5.

Tabela 1. Estatísticas dos valores de NDVI/MODIS em lavouras de soja obtidos a partir de máscara imagens Landsat.

Mês/Coleção	Média (μ)	Desvio Padrão (σ)	NDVI/MODIS Inicial ($\mu - 1,125 \sigma$)	NDVI/MODIS Final ($\mu + 1,125 \sigma$)
Novembro 4	0,4805	0,1184	0,3473	0,6137
Fevereiro 4	0,8474	0,0636	0,7758	0,9189
Novembro 5	0,4834	0,1150	0,3540	0,6127
Fevereiro 5	0,8423	0,0623	0,7722	0,9123

As imagens booleanas com as classes soja e não soja para as duas coleções do MODIS podem ser vistas na **Figura 2**.

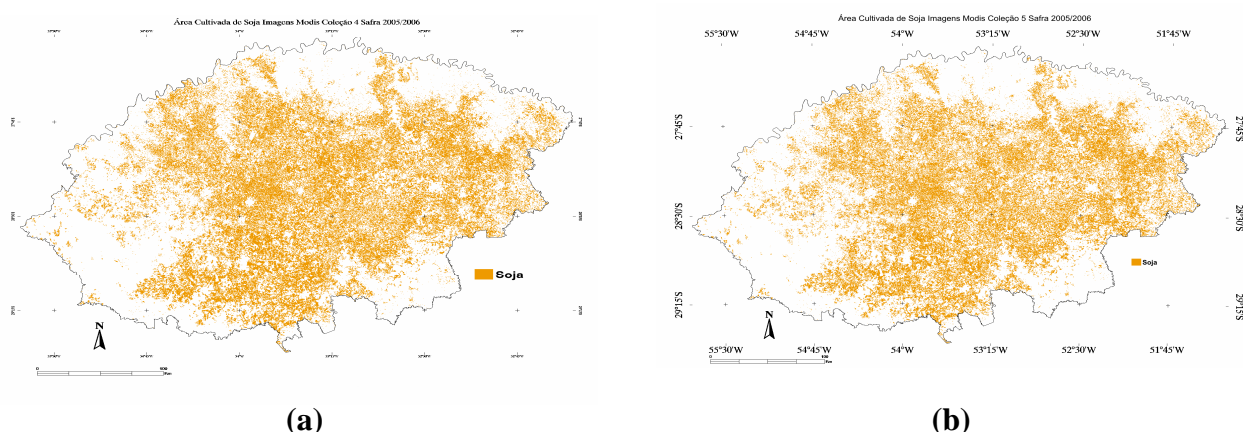


Figura 2. Área cultivada com soja obtida através do Método de Realce de Distribuição aplicado imagem NDVI / MODIS, coleção 4 (a) e na coleção 5 (b), na região norte do Rio Grande do Sul, safra 2006.

Na Figura 3 pode-se analisar as diferenças entre as áreas classificadas como soja e não soja para as duas coleções. Observa-se vários *pixels* com valor de 0,5 (em vermelho), ou seja, que foram classificados apenas em uma imagem como classe soja. (**Figura 3**).

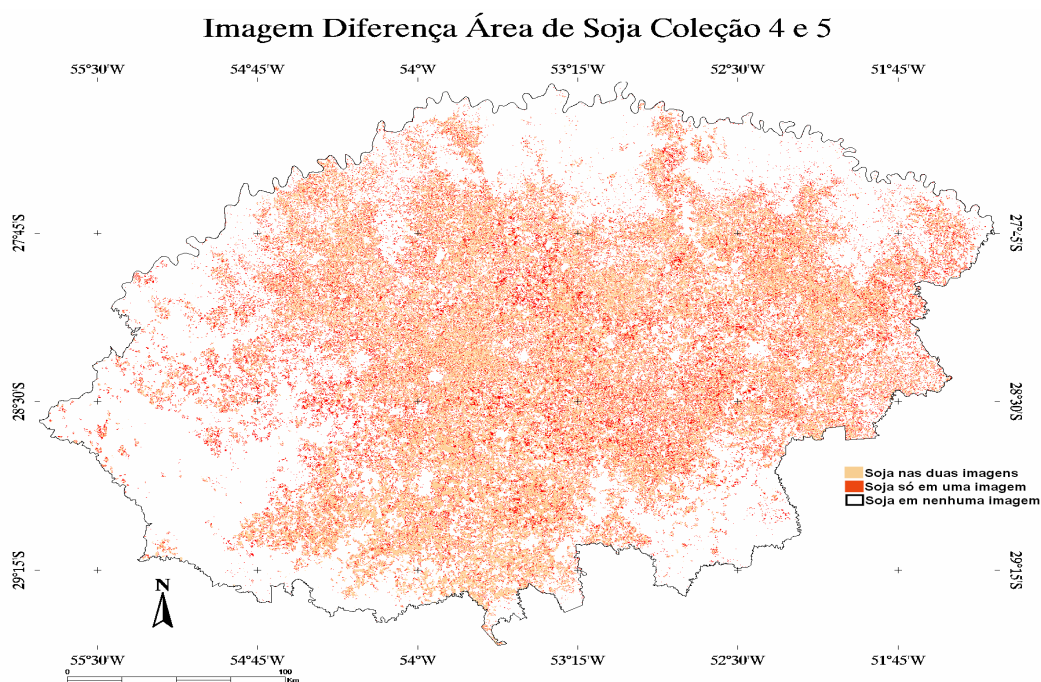


Figura 3. Imagem diferença entre a área cultivada com soja nas coleções 4 e 5, na região norte do Rio Grande do Sul, safra 2006.

Apesar da identificação da diferenças na classificação (**Figura 3**), é o cálculo da área de soja total e individualmente para cada município que constitui a região norte do Estado é que permite uma comparação e avaliação mais consistente dos resultados para a estimativa de área de soja para as duas coleções do produto MODIS/NDVI.

As diferenças entre as duas coleções quanto aos valores mínimos e máximos de NDVI nas imagens MODIS/NDVI, para as duas coleções, são mostrados na **Figura 4 e Tabela 2**.

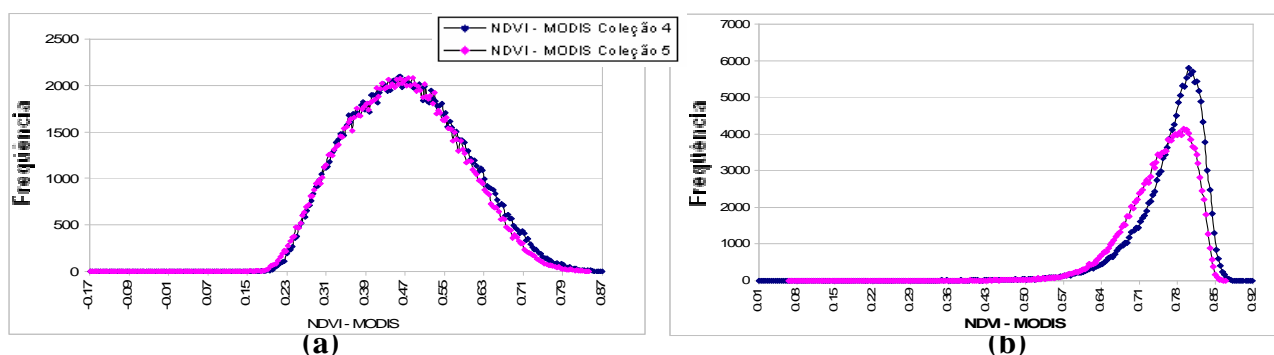


Figura 4. Histograma de distribuição do NDVI em lavouras de soja em novembro/2005 (a) e em fevereiro/2006 (b), na região norte do Rio Grande do Sul, safra 2006.

Tabela 2. Valores de mínimos e máximos de NDVI obtidos para as coleções 4 e 5 MODIS.

Mês	Mínimos de NDVI	Máximos de NDVI
Novembro 4	0,19	0,76
Fevereiro 4	0,50	0,87
Novembro 5	0,18	0,75
Fevereiro 5	0,53	0,84

Observando a **Figura 5**, pode-se verificar que houve grande concordância na quantificação de área de soja estimada pelas duas coleções, com um coeficiente de determinação obtido de 0,9951. Este resultado indica, portanto, que é possível dar de continuidade ao uso de métodos e modelos desenvolvidos com imagens da coleção 4 no Rio Grande do Sul, aplicadas à coleção 5.

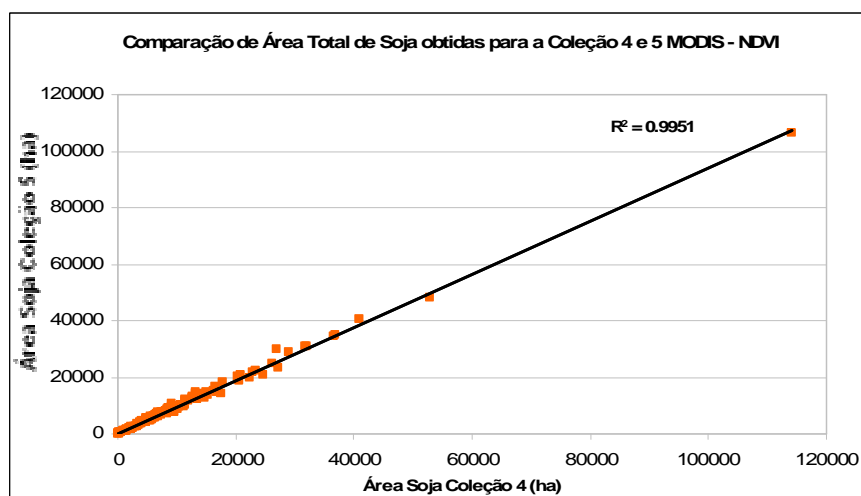


Figura 5. Comparação de área de soja obtida com a coleção 4 e 5 em imagens MODIS/NDVI para 140 municípios da Região Norte do Rio Grande do Sul, safra 2006.

Analisando os dados da **Figura 6** pode-se perceber que o valores obtidos das imagens Landsat (considerado como referência) e MODIS (ambas coleções) se aproximam, mas foram inferiores aos dados do IBGE. Apesar da semelhança em termos de totais, Wagner et al. (2007) mostraram discrepâncias consideráveis na localização espacial das áreas obtidas com imagens Landsat e MODIS em nível de municípios. Em relação ao dado oficial (IBGE), ambos Landsat e MODIS estimaram uma área de cultivo inferior. As diferenças percentuais estão mostradas na **Tabela 3**.

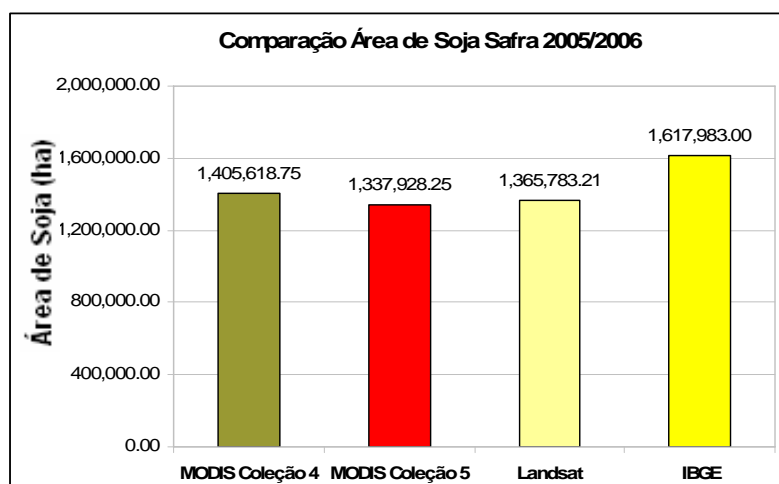


Figura 6. Comparativo de área cultivada com soja na Região Norte do Rio Grande do Sul, obtida através do mapeamento com imagens MODIS, Landsat e dados oficiais.

Tabela 3. Comparação da diferença percentual entre área cultivada com soja, obtida por diferentes imagens e dados oficiais, para a safra 2006.

Área Estimada em (ha)	Diferença Percentual (%)
Áreas Coleção 4 e 5	5,06
Áreas Landsat e IBGE	18,46
Áreas Coleção 4 e Landsat	2,92
Áreas Coleção 4 e IBGE	15,10
Áreas Coleção 5 e Landsat	2,08
Áreas Coleção 5 e IBGE	20,93

Em relação a estes resultados pode-se destacar a semelhança entre as duas coleções dos produtos MODIS/NDVI. As áreas de soja estimadas pelas imagens das duas coleções apresentaram uma diferença percentual significativa em relação à estimativa do IBGE. Entretanto, a estimativa de área com as imagens Landsat também aponta para a mesma tendência quando comparados aos dados do IBGE.

4. Conclusões

Em estudos regionais os dados oriundos das coleções 4 e 5 tendem a expressar o padrão de NDVI similares. A magnitude das diferenças identificadas entre as coleções 4 e 5 dos produtos MODIS/NDVI apontam para a possibilidade de continuidade no uso das informações contidas nas imagens NDVI da coleção 5 em métodos e modelos desenvolvidos com a coleção 4.

Ressalta-se as vantagens do uso de imagens de sensores de média resolução espacial para a estimativa de área cultivada de soja, já que os dados estimados pelo IBGE são obtidos de forma subjetiva. Com a metodologia de Realce da Distribuição têm-se a possibilidade de estimar área cultivada com soja de uma forma rápida, econômica e não subjetiva.

Referências

- Anderson, L. O. **Classificação e Monitoramento da Cobertura Vegetal do Estado do Mato Grosso utilizando Dados Multitemporais do Sensor Modis**. INPE dissertação de mestrado. Disponível em: <<http://www.inpe.com.br/biblioteca>> Acesso em: 25 junho 2008.
- Huete, A. **MODIS vegetation index product series collection 5 change summary**. University of Arizona. June, 2006.

- Huete, A.R.; Didan, K.; Miura, T. et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p.195-213, 2002.
- Junges, A. Heemann; Alves, G.; Fontana, D. C. Estudo indicativo do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE 2007. Artigos, p. 241- 248.
- Justice, C.O.; Townshend, J.R.G; Kalb, V.L. Representation of vegetation by continental data sets derived from NOAA-AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, Basing stoke, V. 12, n.5, p. 999-1021, 1991.
- Klering, E.V. **Avaliação do uso de imagens MODIS na modelagem agrometeorológica-espectral de rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul**, 2007. 117p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Rizzi, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004. 212p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Rudorff, B.F.T.; Shimabukuro, Y. E.; Ceballos, J.C. **O Sensor Modis e Suas Aplicações Ambientais no Brasil**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 417p., 2007.
- Wagner, A. P. L; Weber, E.; Fontana, D. C. et al. Estimativa de Área de Soja no Rio Grande do Sul Utilizando Imagens NDVI/MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE 2007. Artigos, p. 457- 464.