

Comparação entre dois métodos de estimativa de área cultivada com arroz irrigado no Rio grande do Sul

Eliana Veleda Klering¹
Ana Paula Wagner²
Denise Cybis Fontana^{1,2}
Moacir Antonio Berlato¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Av. Bento Gonçalves, 7712. Porto Alegre-RS
elianaklering@yahoo.com.br
dfontana@ufrgs.br
moacir.berlato@ufrgs.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Caixa Postal 15.007 - 91501-970 - Porto Alegre – RS
ana.wagner@ufrgs.br

Abstract. Based on the economic importance of irrigated rice to Rio Grande do Sul State and in the possibilities of using satellite images to forecasts crop programs, this study aimed to compare two methods of low cost and easy implementation, using MODIS images, to define the crop areas with rice in Rio Grande do Sul and monitor the crop cycle. The study was performed covering the region of paddy fields in the Zona Sul of Rio Grande do Sul, for the 2009/2010 harvest. We used official data on cultivated area of rice and MODIS NDVI images. For comparative purposes, between the methodologies of mapping, were used the Kappa Index and the Confusion Matrix. The results show that two tested methodologies, one based on a threshold applied to MODIS images of difference and the other based on supervised digital classification by the parallelepiped method, are effective to extract data from the cultivated area and can provide input data for agrometeorological-spectral models to estimate grain yield of irrigated rice in Rio Grande do Sul State.

Palavras-chave: *Oryza Sativa*, MODIS/ NDVI images, crop forecast, *Oryza Sativa*, imagens MODIS/NDVI, previsão de safras.

1. Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é um dos maiores produtores e exportadores de grãos do Brasil, tendo sido responsável, na safra agrícola de 2009/2010, por aproximadamente 61% da produção nacional de arroz irrigado (cerca de 6,9 milhões de toneladas) com área plantada superior a 1 milhão de hectares. Estima-se que, anualmente, essa produção corresponda a um valor bruto de 4,23 bilhões de reais, representando 3% da arrecadação de ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços) e 2,23% do PIB (Produto Interno Bruto) do Estado (IRGA, 2009).

Atualmente, a estimativa de área cultivada, rendimento e produção de grãos de arroz irrigado no RS, assim como em todo o Brasil, são realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). São considerados dados obtidos através de entrevistas com produtores e cooperativas agrícolas e, também, dados de financiamento agrícola. Em função do caráter subjetivo dos levantamentos oficiais, essas informações não permitem uma análise quantitativa dos erros envolvidos, sendo passíveis de manipulação. Outra limitação dos dados oficiais é a falta de informação quanto à distribuição espacial da produção.

É, portanto, importante, a proposição de métodos objetivos e de fácil implementação que possam ser incorporados, complementando a metodologia adotada nos programas oficiais. A adoção destes métodos pode contribuir no aperfeiçoamento da estimativa de safra do arroz, evitando especulações desnecessárias ou tomadas de decisões incorretas.

O surgimento da tecnologia de imageamento por satélite propiciou o desenvolvimento de várias pesquisas relacionadas à estimativa de área cultivada. Os resultados de trabalhos como de Rizzi e Rudorf (2005) e Weber et al. (2005) para a cultura da soja, de Epiphanyo et al. (2002) para as culturas de soja e milho e de Weber et al. (2007) para o arroz irrigado demonstraram que dados provenientes de sensores orbitais de média resolução espacial (Landsat e Cbers) permitem a quantificação de áreas de forma precisa, menos subjetiva, mais rápida e levando em conta as diferentes escalas regionais.

No que se refere ao monitoramento de culturas, entretanto, ainda são necessários desenvolvimentos, devido à necessidade de obtenção de dados que cubram grandes áreas de forma continuada ao longo do ciclo e que possam ser usados de forma operacional. Em nível compatível com a escala regional as imagens do sensor orbital MODIS, a bordo da plataforma orbital Terra, embora de moderada resolução espacial, vêm se mostrando como uma possibilidade interessante para o monitoramento de áreas cultivadas, devido às características de cobertura global diária do planeta, larga faixa de imageamento e disponibilidade de bandas espectrais próprias ao monitoramento da vegetação (Huete et al., 2002).

Entre os produtos oriundos de imagens MODIS que possibilitam o monitoramento das variações temporais de áreas cultivadas, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI – do inglês Normalized Difference Vegetation Index). 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. Trabalhos recentes, como os de Klering et al. (2007) e Wagner et al. (2007), têm utilizado imagens MODIS para estimar áreas cultivadas, e também como entrada em modelos de estimativa de rendimento de algumas culturas (Klering, 2007; Junges, 2008).

Considerando a importância econômica da cultura para o Estado e as possibilidades de utilização das imagens orbitais em programas de previsão de safras, este trabalho teve como objetivo comparar duas metodologias de construção de máscaras de cultivo de arroz irrigado para RS, utilizando imagens MODIS. As metodologias testadas buscam definir as áreas para fins de monitoramento das condições de crescimento e desenvolvimento da cultura, apresentando características de objetividade, baixo custo e fácil implementação, visando o uso em programas operacionais de acompanhamento e previsão de safras.

2. Material e Métodos

O estudo foi realizado sobre a região orizícola da Zona Sul situada no extremo sul, da região orizícola, do Estado do RS (área 6 da Figura 1).

Para as análises, foram utilizados dados oficiais de área cultivada de arroz irrigado da safra agrícola 2009/2010, obtidos pelo Relatório Final de Colheita do Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul - Safra 2009/2010 do Instituto Rio-Grandense do Arroz Irrigado (IRGA).

Utilizaram-se, também, imagens provenientes do produto MODIS MOD13Q1, coleção 5, que contém composições de imagens de 16 dias de NDVI, com resolução espacial de 250m. Este produto foi obtido de forma gratuita, mediante cadastro antecipado, através do site do Programa EOS da NASA (<https://wist.echo.nasa.gov/~wist/api/imswelcome/>) para o período de agosto de 2009 até maio de 2010.

Neste trabalho foram comparadas duas metodologias de estimativa de área cultivada com arroz irrigado. Os métodos propostos consideram a variabilidade espectro-temporal da cultura, buscando, a partir de imagens multitemporais, obterem um maior detalhamento ao

longo do ciclo da cultura. As metodologias comparadas foram a Metodologia Limiar Empírico Aplicado à Imagem Diferença (M1) e a Metodologia Composições em RGB (M2).

Na metodologia M1, proposta por Fontana et al. (2007) e testada por Klering (2007), a máscara de cultura foi construída partir das imagens do período de outubro a fevereiro, tendo sido elaboradas composições de máximo valor, de mínimo valor e imagens de diferença entre o máximo e mínimo.

A composição de máximo valor foi determinada a partir das imagens de janeiro e fevereiro, que correspondem ao período de ocorrência dos maiores valores de NDVI (períodos de floração e enchimento de grãos, segundo o calendário da cultura no RS). Para obtenção da composição de mínimo valor utilizou-se a segunda imagem de outubro, as imagens de novembro e a primeira imagem de dezembro, correspondentes ao período de implantação da cultura e início do desenvolvimento vegetativo. A imagem diferença foi obtida através da subtração entre a composição de máximo e de mínimo valor.

Para estabelecer as áreas de cultivo de arroz utilizou-se a imagem diferença, sendo testados alguns valores limites para corte (limiares). Neste caso o limiar escolhido foi o de $NDVI > 0,5$, obtido comparando a área mapeada com arroz nas imagens MODIS e a área de arroz segundo os dados oficiais do IBGE.

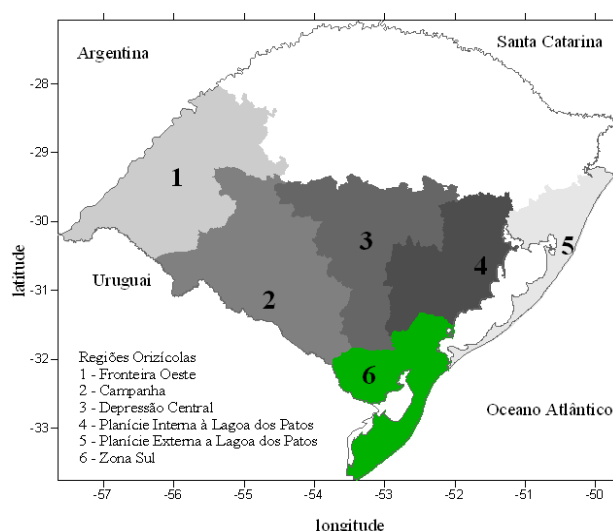


Figura 1. Regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul.

A metodologia M2 baseou-se no método de mapeamento de culturas de verão proposto por Araújo (2010). Neste método a máscara de cultura foi construída através da classificação digital supervisionada de composições de imagens multitemporais NDVI/MODIS em RGB.

As composições multitemporais em RGB tiveram como objetivo destacar apenas as áreas cultivadas. Desta forma, a imagem do período que apresentaram maior vigor vegetativo foi colocadas no canal R, em seguida as imagens com menor vigor vegetativo nos canais G e B (Figura 2). Foram geradas três composições RGB deslocando-se as imagens de máximo e mínimo NDVI, conforme é apresentado na Tabela 1.

A partir das três composições em RGB foi utilizado o método de classificação digital supervisionada Paralelepípedo. Este método utiliza uma abordagem de classificação determinística, onde são identificados os valores mínimos e máximos dos histogramas das amostras em cada banda, que são usados para definir os vértices de um paralelepípedo no espaço de atributos. Deste modo, o pixel cujo valor do nível de cinza se encontrar dentro

desse paralelepípedo será classificado como pertencente a uma determinada classe em cada banda espectral selecionada para classificação (Moreira, 2005).

Tabela 1. Composições RGB, deslocando-se os máximos e mínimos NDVI, segundo o calendário médio da cultura no RS (outubro a março).

Imagem	R	G	B
Composição 1	1º imagem janeiro	2º imagem novembro	1º imagem novembro
Composição 2	1º imagem fevereiro	2º imagem novembro	1º imagem novembro
Composição 3	2º imagem fevereiro	1º imagem dezembro	2º imagem novembro

A partir da geração das máscaras de cultivo, elaboradas a partir de M1 e M2, foram quantificadas as áreas cultivadas com arroz irrigado, na região de estudo, e, posteriormente extraíram-se os perfis temporais de NDVI da cultura.

A verificação da avaliação da exatidão do mapeamento, entre as máscaras, foi feita através da Matriz de Confusão e dos Índices de Acurácia Geral e Kappa, tomando como verdade de campo o mapa temático resultante da metodologia M1, pois esta já foi testada por Klering (2007) e apresentou bons resultados.

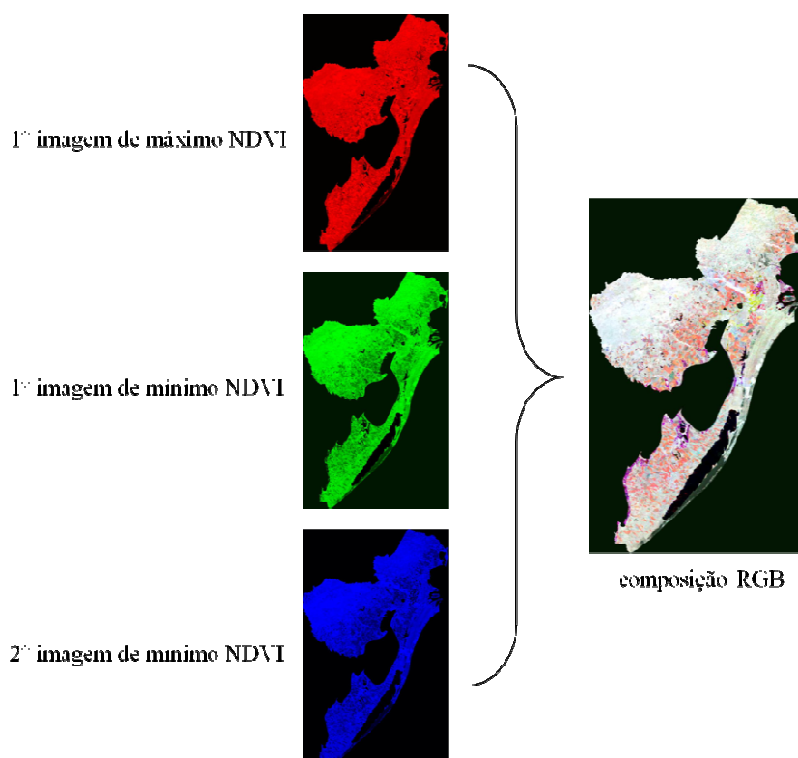


Figura 2. Esquema de composição multitemporal, das imagens, em RGB.

3. Resultados e Discussão

A partir das metodologias propostas, foi possível obter os mapas temáticos apenas com as classes “arroz irrigado” e “não arroz”. Na Figura 3 são apresentados os mapeamentos das lavouras de arroz através das metodologias utilizadas.

Em uma análise visual dos mapas obtidos, observa-se que o arroz irrigado é uma cultura que predomina na região e que as duas metodologias apresentaram o mesmo padrão de mapeamento. Nesta primeira análise, verificou-se que nenhum dos métodos analisados apresentou resultados discordantes ao padrão das áreas de arroz esperado para a região. Nota-se que a aplicação da metodologia M2, em relação a M1, possibilitou a eliminação das áreas

ao redor dos corpos d'água e assim como de pequenas áreas que provavelmente não seriam áreas cultivadas com arroz.

É importante ressaltar que possivelmente exista na área mapeada como de arroz, em ambas as metodologias, a inclusão de outras culturas de primavera-verão que apresentam ciclo semelhante, como é o caso da soja e do milho. Portanto, mais do que a determinação exata das áreas de cultivo de arroz, as metodologias, que apresentam características de baixo custo e facilidade de implementação, quando comparada com quaisquer outras, devem ser consideradas como um restritor da área a ser analisada em estudos de monitoramento agrícola e de modelagem do rendimento de grãos.

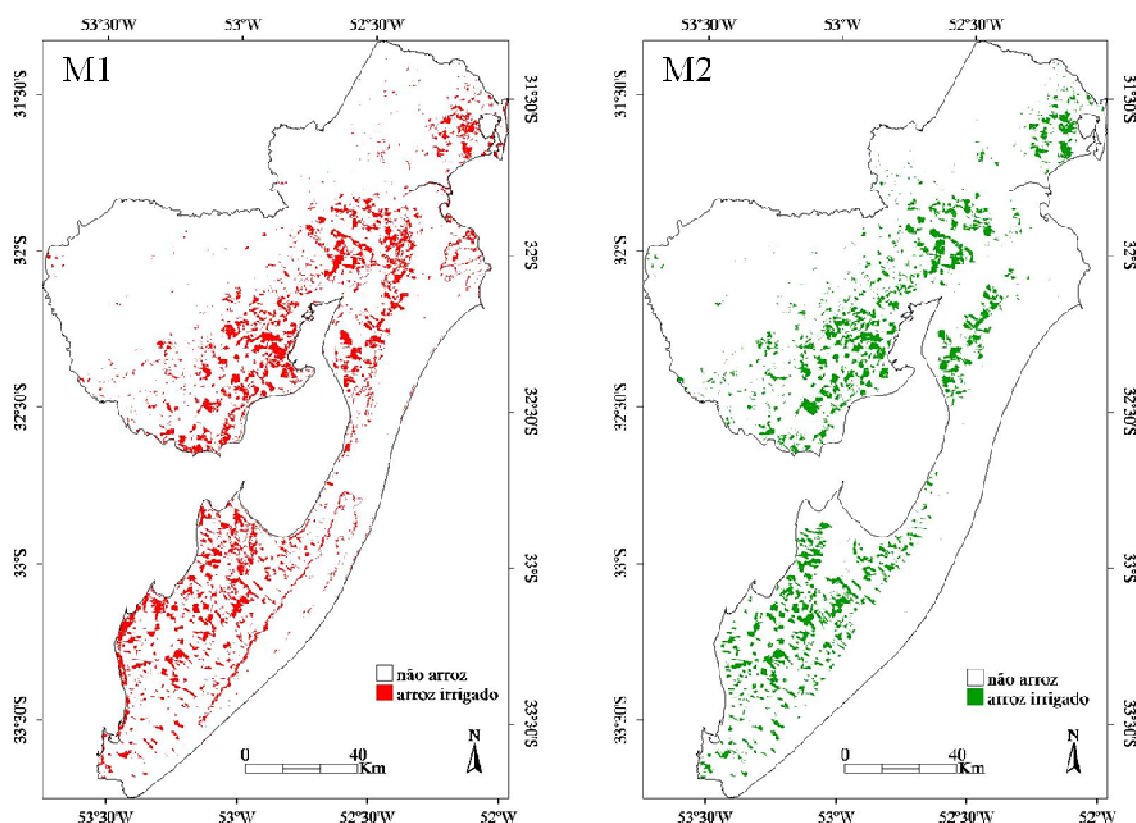


Figura 3. Distribuição espacial das áreas estimadas através das metodologias M1 e M2 na região orizícola Zona Sul do Rio Grande do Sul. Safra 2009/2010.

A Figura 4 mostra a comparação entre a estimativa oficial de área de cultivo (IRGA) e a estimativa determinada a partir das metodologias aplicadas às imagens de NDVI para a safra 2009/2010. Verifica-se que os valores de área estimados através de M1 foram superiores aos dados oficiais. Este comportamento foi consequência da metodologia proposta, visto que a intenção foi de reduzir a influência da resposta espectral oriunda de áreas não agrícolas, sem, entretanto, eliminar *pixels* de lavouras com crescimento abaixo do normal. Quando se analisa a área estimada através de M2 observa-se que os valores foram menores que os dados oficiais, pois esta metodologia além de reduzir a influência de áreas não agrícolas também descarta os *pixels* não puros, ou seja, por exemplo, áreas de bordas de lavouras ou drenagens e nuances de relevo.

Na Figura 5 são apresentados os perfis temporais de NDVI das áreas cultivadas com arroz irrigado, através de M1 e M2. Na literatura, já é conhecido que os perfis de NDVI tendem a expressar as condições de crescimento e desenvolvimento da biomassa de uma dada

região e têm sido apontados como importantes componentes de sistemas de monitoramento agrometeorológico (Melo, 2008; Rizzi e Rudorff, 2007).

Neste trabalho as áreas cultivadas com arroz irrigado mostraram o padrão esperado. Os valores de NDVI foram menores nos estágios de implementação da cultura e entrada de água na lavoura. Os períodos de máximo NDVI ocorreram em janeiro e fevereiro e corresponderam aos estágios de floração, enchimento do grão e maturação. Nota-se também que o perfil temporal, obtido através da metodologia M2, apresentou maior diferença entre o máximo e o mínimo valor de NDVI, mostrando que a metodologia M1 restringe os valores máximos de NDVI.

A análise dos perfis mostra também que as técnicas das máscaras de cultura, aplicada às imagens NDVI, foram eficientes em separar espectralmente as áreas ocupadas com cultivos anuais. Este é um resultado muito importante para programas de monitoramento agrícola, especialmente em função da simplicidade e baixo custo da técnica utilizada. Nestes programas pode-se avaliar a variabilidade dos perfis entre as diferentes safras e gerar indicativos de rendimento de grãos.

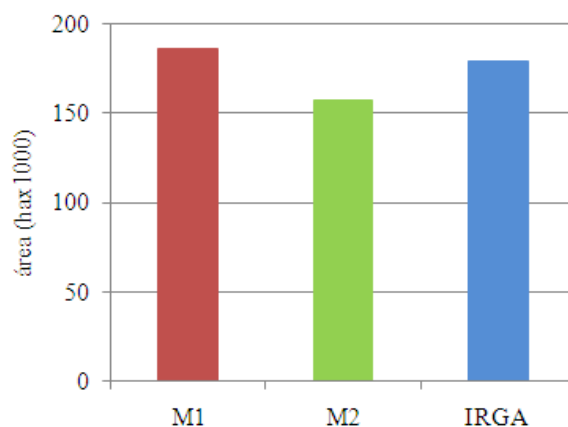


Figura 4. Área cultivada com arroz irrigado na região orizícola da Zona Sul do Rio Grande do Sul, safra agrícola 2009/2010, estimada através das metodologias M1 e M2, e a área oficial fornecida pelo IRGA.

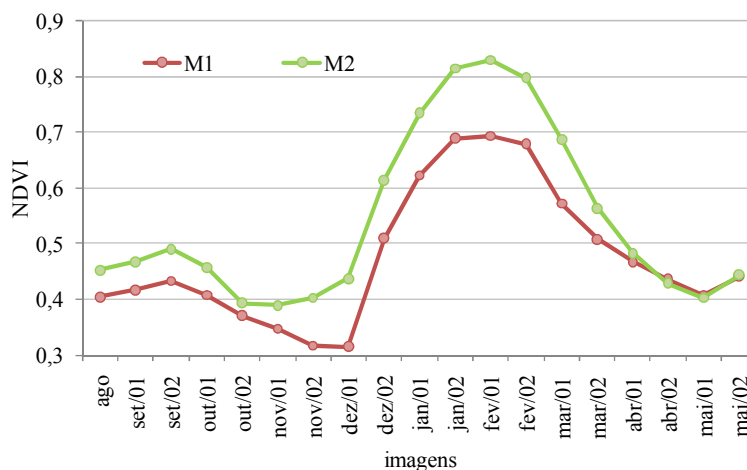


Figura 5. Perfis temporais de NDVI das áreas de cultivo, estimadas através de M1 e M2, na região orizícola da Zona Sul do Rio Grande do Sul na safra agrícola de 2009/2010.

Neste trabalho utilizou-se o Índice Kappa, para avaliar a acurácia temática por este ser mais sensível as variações de erros de omissão e inclusão, além de avaliar a coincidência espacial entre os mapeamentos. Sua grande vantagem é que para o seu cálculo não se incluem somente os elementos da diagonal principal e sim todos os elementos da matriz de erro (Moreira, 2005).

A acurácia geral entre os mapas temáticos M1 e M2 foi de 96,6% e o Índice Kappa foi de 0,55, considerado bom pela tabela desenvolvida por Landis e Koch (1977).

A matriz de confusão é apresentada na Tabela 2. Observa-se que os erros de inclusão e omissão na classe “não arroz” foram muito baixos sendo de, no balanço geral, igual a 0,67%. Já os erros observados na classe “arroz” foram maiores apresentando um erro geral (omissão menos inclusão) de 9,7%.

Tabela 2. Matriz de confusão, para a safra 2009/2010, usando como verdade de campo o mapa temático obtido a partir da metodologia M1.

Classe	Erros (%)	
	Inclusão	Omissão
Não arroz	2,08	1,41
Arroz	37,99	47,69

4. Conclusão

Através das análises feitas neste trabalho pode-se concluir que as metodologias M1 e M2, para extrair dados espectrais das áreas de arroz irrigado, são eficientes e podem ser usadas para fornecer dados de entrada em modelos agrometeorológicos-espectrais de estimativa de rendimento de arroz irrigado no RS. Cabe ressaltar também que a metodologia M2 pode representar uma melhora, em relação a M1, por excluir áreas em que possivelmente não sejam de arroz irrigado e sim bordas de corpos d’água, mas para sua efetiva utilização são necessárias investigações de campo para melhor validação do mapeamento.

Referências Bibliográficas

ARAUJO, G.K.D. Determinação e mapeamento de início do ciclo para culturas de verão no estado do Paraná por meio de imagens de satélite e dados de precipitação. 2010. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2010.

EPIPHANIO, J.C. et al. Estimativa de áreas agrícolas municipais, utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. **Bragantia**, v.61, n.2, p. 187-187, 2002.

FONTANA, D.C. et al. Assessing the relationship between shire winter crop yield and seasonal variability of the MODIS NDVI and EVI images. **Applied GIS**, v.3, n.6, p.1-16, 2007.

Instituto Rio-Grandense de Arroz Irrigado (IRGA). **Newsletter 2009**. 2009. Disponível em: http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=noticia_detalhe&id=2302. Acesso em: 08 jun. 2009.

HUETE, A. et al. 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.

JUNGES, A. H. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul. 2008. 116p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

KLERING, E.V. et al. Relação entre os perfis temporais de NDVI/MODIS da cultura do arroz irrigado, a insolação e o rendimento na região da Campanha. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. v.1, 7105p. p.249.

KLERING, E.V. Avaliação do uso de imagens MODIS na modelagem agrometeorológica-espectral de rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. 2007. 114p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Centro Estadual Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

LANDIS, J.R; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**. v.33, n.1, p.159-174, 1977.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa: UFV, 2005.

MELO, R.W et al. An agrometeorological-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, p. 4013-4028, 2008.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Imagens do sensor MODIS associadas a um modelo para estimara produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.73-80, 2008.

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, n.3, p.226-234, 2005.

WAGNER, A.P.L.et al. Estimativa de área de soja no Rio Grande do Sul utilizando imagens NDVI/MODIS. Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. V.1. 7105p. p.457.

WEBER, E.J.et al. Comparação entre resultados de classificação de imagens Landsat e Cbers para estimativa de área cultivada no planalto do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. v.1, 4568p., p.321.

WEBER, E.J et al. Estimativa de área cultivada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul na safra 2005/2006 através de imagens Landsat. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. v.1, 7105p., p.465.