

ISSN 0104-1347

Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja¹

Temporal evolution of NDVI/NOAA in areas covered by pixels with variable proportion of soybeans

José Luis Gaffrée Motta², Denise Cybis Fontana³ e Eliseu Weber⁴

Resumo - As tecnologias do geoprocessamento e do sensoriamento remoto permitem a obtenção de informações precisas, em tempo hábil, e com reduzida relação custo/benefício sobre a extensão e as condições de desenvolvimento de culturas, podendo tornar o sistema atual de monitoramento e previsão de safras brasileiro mais eficiente e dinâmico nas escalas regional e nacional. O objetivo do presente trabalho foi analisar a evolução temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN ou mais freqüentemente NDVI – Normalized Difference Vegetation Index), obtido de imagens NOAA-14, em áreas cobertas com pixels com proporções variáveis de soja, visando ao monitoramento dessa cultura em projetos de previsão de safras. O estudo foi efetuado durante o ano agrícola 1999/2000, na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, sendo utilizadas imagens LANDSAT TM 7, para a determinação de áreas cultivadas com soja, e imagens NOAA-14, de máximo NDVI decendial e mensal, para o monitoramento da evolução temporal do NDVI nestas áreas. Os valores de NDVI foram extraídos em janelas de amostragem posicionadas sobre áreas com variáveis proporções de soja, as quais foram selecionadas de imagens LANDSAT TM 7 classificadas. Os valores extraídos foram utilizados para o traçado dos perfis temporais de NDVI e para a identificação de grupos com padrão semelhante quanto à evolução temporal do NDVI, obtidos através do método Ward de agrupamento. Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que as imagens NOAA-14 representam um instrumento de monitoramento da superfície extremamente útil, e que expressa as proporções variáveis de soja, assim como as condições de uso e cobertura diferenciadas na vizinhança de lavouras de soja. Dada uma região de produção, é viável monitorá-la em tempo real e, a partir do conhecimento do padrão típico de desenvolvimento regional, emitir-se alertas sempre que as condições da biomassa, inferidas pelo NDVI, estiverem abaixo das normais. As imagens NOAA-14 representam, portanto, um importante segmento em programas de acompanhamento e previsão de safras.

Palavras-chave: Soja, NDVI, perfil temporal, NOAA.

Abstract - Geoprocessing and remote sensing technologies enable real-time of precise information with a low cost/benefit ratio on the extent and conditions of crop development, which may render the current Brazilian harvest monitoring and forecast system more efficient and dynamic on a regional and national scale. The purpose of the present study was to analyze the temporal evolution of the normalized difference vegetation index (NDVI), obtained from NOAA-14 images in areas covered by pixels with variable proportion of soybeans, on for the purpose of monitoring soybean crops in regions where harvests are forecast. The study was performed during the agricultural year of 1999/2000, in the northwest region of the state of Rio Grande do Sul, and LANDSAT TM 7 images were used to determine areas planted with soy beans, and NOAA-14 images of maximum monthly NDVI, to monitor the temporal evolution of the NDVI in these areas. The NDVI values were extracted on sample windows over areas with variable proportion of soybean crops, which were selected in the LANDSAT TM 7 images. The values extracted were used to trace the temporal profiles and to identify groups with similar patterns of NDVI temporal evolution, obtained using the Ward grouping method. Based on the results obtained, it is possible to state that the NOAA-14 images are a particularly useful instrument to monitor the surface, and that they express variables proportion of soybeans, as well as, different conditions of cover and use in the neighborhood of soybeans crops. Given a production region, it is feasible to monitor it in real-time and, based on the knowledge of the typical standard of regional development, to issue warnings whenever the biomass conditions inferred by the NDVI are below normal levels. The NOAA-14 images thus represent a major segment of crop monitoring and forecast programs.

Key words: soybean, NDVI, temporal profile, NOAA.

¹Projeto parcialmente financiado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), em parceria com o Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEP SRM/UFRGS. Caixa Postal 15044, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

²Eng^o. Agr^o., mestrando no Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto/UFRGS, Cx Postal 15044 - CEP 91501 970, Porto Alegre, Brasil - E-mail: jlotta@geotec-rs.com.br

³Eng^a. Agr^a., Dr^a. Fac. Agronomia/UFRGS - Cx Postal 776 - CEP 91501 970, Porto Alegre, Brasil. E-mail: dfontana@vortex.ufrgs.br

⁴Eng^o. Agr^o., MSc. , CEP SRM/UFRGS; E-mail: eweber@portoweb.com.br

Introdução

O Brasil é o segundo produtor mundial de soja, contribuindo com 20% de toda a produção mundial. Esta cultura está presente no Brasil desde antes da proclamação da República, dando um salto em termos de produção nas décadas de 70 e 80, passando de 906.073ha na safra de 1968/69 para 8.774.023ha na safra de 1978/79. É plantada em 13 estados e ocupa 60% da área cultivada no País. Na safra 1999/2000, somente no estado do Rio Grande do Sul, foram produzidas 4.965.000 toneladas em uma área de 3.009.100ha, com um rendimento médio de 1.650Kg/ha (EMATER-RS, 2001).

O monitoramento do calendário agrícola e a previsão da safra da soja no Brasil, assim como das demais culturas, é tradicionalmente realizado a partir de dados oriundos de levantamentos realizados por entidades ligadas à produção agrícola. Os dados coletados em nível municipal são posteriormente agrupados em toda a extensão do território nacional. Apesar da grande importância destes dados para a economia, por estarem intimamente ligadas ao excesso ou escassez de produtos, na maioria das vezes a subjetividade na avaliação por entrevistas determina um certo grau de incerteza nas informações geradas. Aliado a isso, em função das diferenças regionais, a liberação destas informações geralmente é lenta e onerosa.

A introdução das tecnologias do geoprocessamento e do sensoriamento remoto poderia tornar o sistema atual de monitoramento do calendário agrícola e previsão de safras brasileiro mais eficiente e dinâmico nas escalas regional e nacional. Estas tecnologias permitem a obtenção de informações precisas, em tempo hábil e com reduzida relação custo/benefício sobre a extensão, as condições de desenvolvimento e o potencial de produção de culturas. Podem, também, servir como importante apoio na análise de consistência dos dados levantados pela metodologia convencional.

Um dos produtos de sensoriamento remoto orbital que tem sido muito utilizado em monitoramento do calendário agrícola e previsão de safras é o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN ou mais frequentemente NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*) determinado a partir da razão entre a diferença e a soma das reflectâncias nas bandas do visível e do infravermelho. O NDVI pode ser obtido de imagens provenientes do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) a bordo dos satélites da série NOAA (*National Oceanic and*

Atmospheric Administration). Este índice, proposto por ROUSE et al. (1973), tem, em geral, associação direta com algumas variáveis agrônômicas como altura de planta, índice de área foliar, matéria seca, grau de cobertura do solo e interceptação de radiação solar, entre outros (BARET & GUYOT, 1991; ANTUNES et al., 1993; FONSECA, 2000).

Em estudos de monitoramento do crescimento vegetal, frequentemente é buscado o estabelecimento de relações entre o padrão de evolução do crescimento das plantas ao longo do tempo com o padrão de evolução temporal do NDVI. Conforme apontado por FONTANA et al. (1998), as mudanças estruturais da vegetação no decorrer da estação de crescimento resultam em uma diferenciação da sua reflectância, o que permite empregar o NDVI para o monitoramento da vegetação, bem como distinguir diferentes tipos de vegetação e detectar possíveis problemas de crescimento.

Vários trabalhos realizados no Brasil nesta linha mostraram resultados bastante promissores. BATISTA et al. (1993) verificaram mudanças fenológicas em diversas classes de cobertura vegetal na Amazônia Legal. FONTANA et al. (1998) mostraram a possibilidade de monitoramento da evolução temporal da cobertura vegetal no Estado do Rio Grande do Sul. SCHROEDER et al. (1999) analisaram os perfis temporais do NDVI de alguns tipos de vegetação na região nordeste do Brasil. FONTANA et al. (2000) analisaram o comportamento do NDVI obtido de imagens NOAA sobre lavouras de soja no Rio Grande do Sul e Paraná, evidenciando as diferenças de manejo e de condições de crescimento entre os dois estados.

O objetivo do presente trabalho foi analisar a evolução temporal do índice de vegetação por diferença normalizada, obtido de imagens NOAA, em áreas cobertas com *pixels* com proporções variáveis de soja, visando ao monitoramento da cultura da soja em projetos de previsão de safras.

Material e métodos

O estudo foi efetuado durante o ano agrícola 1999/2000, na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, escolhida em função de concentrar grande volume de produção de soja (Figura 1). Foram utilizadas imagens LANDSAT TM 7 para a determinação de áreas cultivadas com soja e imagens NOAA-14 para o monitoramento da evolução temporal do NDVI nestas áreas.



Figura 1. Região de maior produção de Soja no Rio Grande do Sul com a localização das imagens LANDSAT e pontos de coleta de informações a campo.

As imagens LANDSAT TM 7 utilizadas referem-se às órbitas-ponto 223/080, de 29 de janeiro, e 224/079, de 05 de fevereiro de 2000, cujas datas foram escolhidas para coincidir com o pleno desenvolvimento das lavouras de soja na região. O georreferenciamento foi efetuado a partir de pontos de controle identificáveis nas imagens e em cartas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) em escala 1:50.000, nas quais é empregado o sistema de projeção UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator).

A área cultivada com soja foi obtida através da classificação digital não supervisionada, utilizando o algoritmo "ISODATA" do *software* ENVI. Para a aferição da classificação digital foi feito trabalho de campo, no período de 08/08/2000 a 17/08/2000, tendo sido medidas as áreas de 24 lavouras de soja usando GPS de precisão topográfica (correção diferencial por pós-processamento em *software* específico), conforme descrito em MOTTA et al. (2001). Das imagens LANDSAT TM 7 classificadas, foram definidas 18 áreas de estudo com variáveis proporções de lavouras de soja e com diferentes vizinhanças em termos de cobertura e uso do solo. Juntamente com a medição das lavouras, foram realizadas entrevistas com os respectivos proprietários de forma a obter informações sobre data de semeadura, colheita, sistema de cultivo, ciclo dos cultivares e produção.

As imagens NOAA-14 utilizadas foram captadas pela estação de recepção pertencente ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEPSRM/UFRGS) durante o período de setembro de 1999 a março de 2000. A recepção das imagens NOAA-14 procedeu-se no formato HRPT (*High Resolution Picture Transmission*), sendo posteriormente efetuado, no *software* ERDAS, o processamento para as correções da distorção panorâmica e de radiância para as bandas 1 e 2, bem como do ângulo de incidência solar.

A correção geométrica e o georreferenciamento foram realizados através de uma transformação polinomial com base nos parâmetros da órbita do satélite. A reconstrução da imagem foi efetuada pelo vizinho mais próximo e armazenada sob uma resolução espacial equivalente a 2,0Km.

Após as correções das imagens originais foram geradas imagens de NDVI, através da equação:

$$NDVI = \left(\frac{r_N - r_V}{r_N + r_V} \right) \quad (1)$$

em que ρ_V e ρ_{IV} representam as reflectâncias da banda 1 (0,58 a 0,68 μm) e da banda 2 (0,725 a 1,1 μm) do sensor AVHRR/NOAA-14, respectivamente. As imagens foram padronizadas para um intervalo de NDVI de -1,0 a +1,0.

A partir dessas imagens de NDVI diárias, foram geradas imagens de composição mensal, atribuindo-se a cada *pixel* o valor de NDVI mais elevado observado ao longo de um conjunto de imagens de dez dias consecutivos. O objetivo deste procedimento foi o de minimizar a interferência atmosférica, especialmente aquela devido à nebulosidade, conforme proposto por JUSTICE et al. (1985). Para o processo de composição tornou-se necessário registrar cada imagem diária à mesma base cartográfica, de forma que um determinado *pixel* correspondesse à mesma localização geográfica em todo o conjunto de imagens utilizadas.

Após a geração das imagens mensais, procedeu-se à extração dos valores de NDVI, utilizando-se o valor médio de uma janela de amostragem de 3x3 *pixels* cujo *pixel* central correspondia às coordenadas das 18 áreas selecionadas nas imagens LANDSAT TM 7. Os valores de NDVI da janela de amostragem foram expressos em forma de gráfico como função do tempo, obtendo-se assim os perfis temporais de NDVI máximos decendiais.

Os dados extraídos do conjunto de imagens para cada janela de amostragem foram avaliados para a identificação de grupos com padrão semelhante de evolução de NDVI através do método *Ward* de agrupamento (DINIZ, 1994). Após a identificação dos grupos semelhantes, o perfil temporal típico de cada um foi gerado através da média aritmética dos valores de NDVI de todas as janelas pertencentes ao grupo, expresso também em forma de gráfico como função do tempo.

Resultados e discussão

A Figura 2 mostra o dendrograma obtido pelo método de agrupamento de *Ward*, considerando como variável o NDVI máximo mensal das diferentes janelas de amostragem e como medida de proximidade a distância euclidiana. A escala vertical à esquerda indica o índice de similaridade, pois a cada partição corresponde um valor numérico que repre-

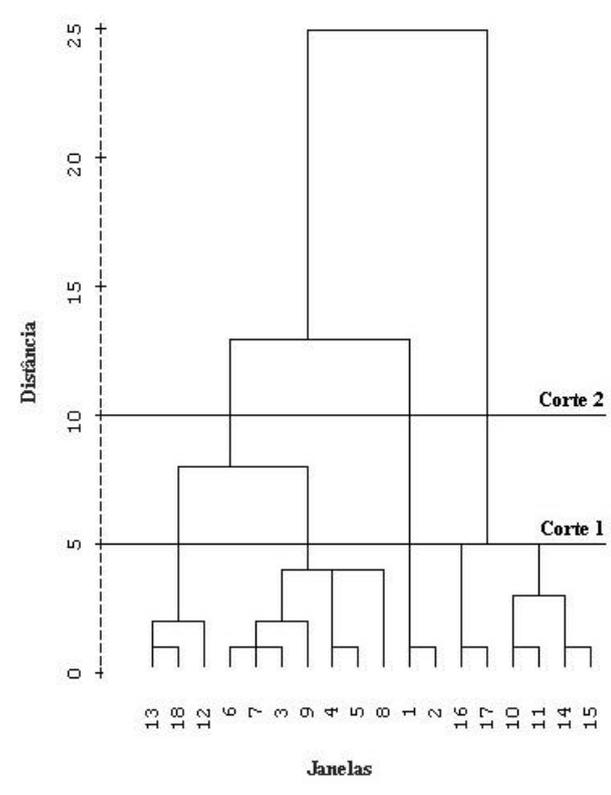


Figura 2. Dendrograma da evolução temporal do NDVI máximo mensal nas 18 janelas de amostragem no período de setembro de 1999 a março de 2000 no Rio Grande do Sul.

senta o nível no qual ocorrem os agrupamentos. Quanto mais elevado o índice, mais diferentes são as partes agrupadas. Esse índice é também chamado nível de agregação. No eixo horizontal são marcados os elementos em uma ordem conveniente de formação dos grupos, no presente caso as 18 janelas de amostragem.

Inicialmente foi escolhido o nível de agregação 5 como primeiro ponto de corte, que definiu a existência de 5 grupos homogêneos quanto à evolução temporal do NDVI. Na Figura 3, são apresentadas as evoluções temporais do NDVI máximo mensal para cada grupo considerado neste nível de agregação. Na Tabela 1 é apresentado o resultado da classificação digital e o resumo das informações coletadas durante o trabalho de campo para cada janela de amostragem.

As janelas pertencentes ao grupo 1 (Figura 3a) possuem um número elevado de lavouras de soja, mostrando um padrão de evolução temporal de NDVI característico. Neste grupo as lavouras de soja ocuparam de 24 a 34,7% da área amostrada (Tabela 1). Entretanto, deve-se ressaltar que a maioria das lavouras presentes nas janelas deste grupo é pequena, já que a produção de grãos nesta região é desenvolvida em minifúndios. No mês de dezembro, ocorreu uma restrição do crescimento do NDVI, devido ao déficit hídrico ocorrido na região.

O grupo 2 (Figura 3b) foi formado através do agrupamento das janelas que possuíam soja em médias e grandes lavouras. Este grupo possui uma característica particular, pois está distribuído em uma região entre o município de Júlio de Castilhos, Tupanciretã, Cruz Alta e Santa Bárbara do Sul, tendo como similaridades em seu agrupamento o tipo de solo, sistema de cultivo, condições hídricas e forma de ocupação. O grupo foi formado por janelas com áreas de soja muito variáveis (9,5 a 59,4%). Somente a janela 8, não apresentou restrição ao incremento do NDVI no mês de dezembro.

Nestes dois grupos, com áreas consideráveis de soja na janela de amostragem (Figura 3a e 3b e Tabela 1), verificou-se que o comportamento do NDVI foi semelhante à curva de crescimento e desenvolvimento característica de culturas agrícolas. A Figura 4 mostra o calendário agrícola médio da cultura da soja na região. De setembro a novembro, coincidindo com o período preparo e semeadura da cultura, os valores NDVI foram baixos. A partir de novembro, houve um incremento do NDVI, atingindo os máximos valores no mês de fevereiro. Esse incremento está associado ao aumento de densidade de biomassa, de-

Tabela 1. Características das janelas de amostragem selecionadas para as análises.

Grupo	Janelas	% de Soja	Semeadura	Sistema de Cultivo	Ciclo	Colheita	Caracterização da Vizinhaça	
1	12	34,7	18/11/99	Plantio Direto	Precoce	25/04/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto e milho	
	13	34,0	10/11/99	Plantio Direto	Médio Tardio	26/04/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto e milho	
	18	24,4	10/11/99	Plantio Direto	Médio	08/04/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto e milho	
2	3	22,4	-	-	-	-	Lavouras Médias de soja, soja do tarde, solo exposto, campo nativo, mato nativo	
	4	12,4	26/10/99	Plantio Direto	Precoce Médio	20/03/2000	Lavouras grandes de soja, soja do tarde, solo exposto, campo nativo, mato nativo e nuvens	
	5	25,3	5/11/99	Plantio Direto	Médio	10/04/2000	Lavouras grandes de soja, soja do tarde, solo exposto, campo nativo, mato nativo e nuvens	
	6	9,5	10/11/99	Plantio Direto e Convencional	Médio	03/04/2000	Lavouras médias de soja, soja do tarde, solo exposto, milho, mato nativo	
	7	59,4	-	-	-	-	Grandes lavouras de soja, solo exposto, soja do tarde e mato nativo	
	8	50,6	27/10/99	Plantio Direto	Precoce/Médio	04/09/00	Grandes lavouras de soja, solo exposto, campo nativo e mato nativo	
	9	43,3	15/11/99	Plantio Direto	Médio	04/10/00	Lavouras médias de soja, soja do tarde, solo exposto, mato nativo e milho	
	3	1	7,4	-	Plantio Direto	Precoce	21/03/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto, milho e campo nativo
		2	7,8	7/11/99	Plantio Direto	Tardio	02/03/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto, milho, campo nativo
4	10	3,5	26/10/99	Plantio Direto	Precoce Médio	08/03/2001	Mato nativo, solo exposto e pequenas lavouras de soja	
	11	7,5	5/11/99	Plantio Direto	Médio	20/04/00	Mato nativo, solo exposto e pequenas lavouras de soja	
	14	25,5	6/11/99	Plantio Direto	Médio	28/03/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto, milho, campo nativo	
	15	21,8	9/11/99	Plantio Direto	Precoce	05/04/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto, milho e campo nativo	
	16	3,7	26/10/99	Plantio Direto	Tardio	25/04/2000	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto, milho e campo nativo	
5	17	4,3	20/11/99	Plantio Direto	Médio	25/04/2002	Pequenas lavouras de soja, mato nativo, solo exposto, milho, campo nativo e zona urbana	

vido ao estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja. A partir de março verificou-se diminuição dos valores de NDVI. O grupo 2, principalmente nas janelas com maior área cultivada com soja, em fevereiro valores de NDVI foram superiores ao grupo 1.

As janelas que formam o grupo 3 (Figura 3c) apresentavam algumas lavouras de soja (3,5 a 7,8% da área), mas a presença dominante de campo nativo e gramíneas perenes de verão mantiveram o NDVI com pequena oscilação ao longo do período estudado. A deficiência hídrica e o solo exposto em outubro, decorrentes da implantação de lavouras de primavera-verão, bem como o abandono destas em dezembro, em decorrência da seca, são as causas da diminuição considerável dos valores de NDVI.

No grupo 4 (Figura 3d), em algumas janelas, observou-se que a elevada presença de pequenas lavouras e de vegetação nativa determinou a elevação do NDVI. Também, em função do déficit

hídrico, ocorreu uma diminuição do NDVI nos meses de setembro a novembro.

Em todos os grupos analisados, mas especialmente nos grupos 3 e 4, observa-se uma marcante redução nos valores de NDVI em dezembro. Esta redução está associada ao abandono ou mesmo à destruição de lavouras implantadas em outubro, como consequência da deficiência hídrica ocorrida, principalmente nos meses de novembro e dezembro. Nestes meses, a deficiência hídrica média para a região foi de 110mm, segundo balanço hídrico meteorológico. A safra de 1999/2000 foi ano de ocorrência do fenômeno La Niña, o qual está associado, no Estado do Rio Grande do Sul, à estiagem no período de primavera-verão (BERLATO & FONTANA, 1999 e PUCHALSKI, 2000).

Na Figura 3e pode-se observar nos perfis de NDVI que a predominância é de vegetação nativa e áreas urbanas. Neste grupo somente cerca de

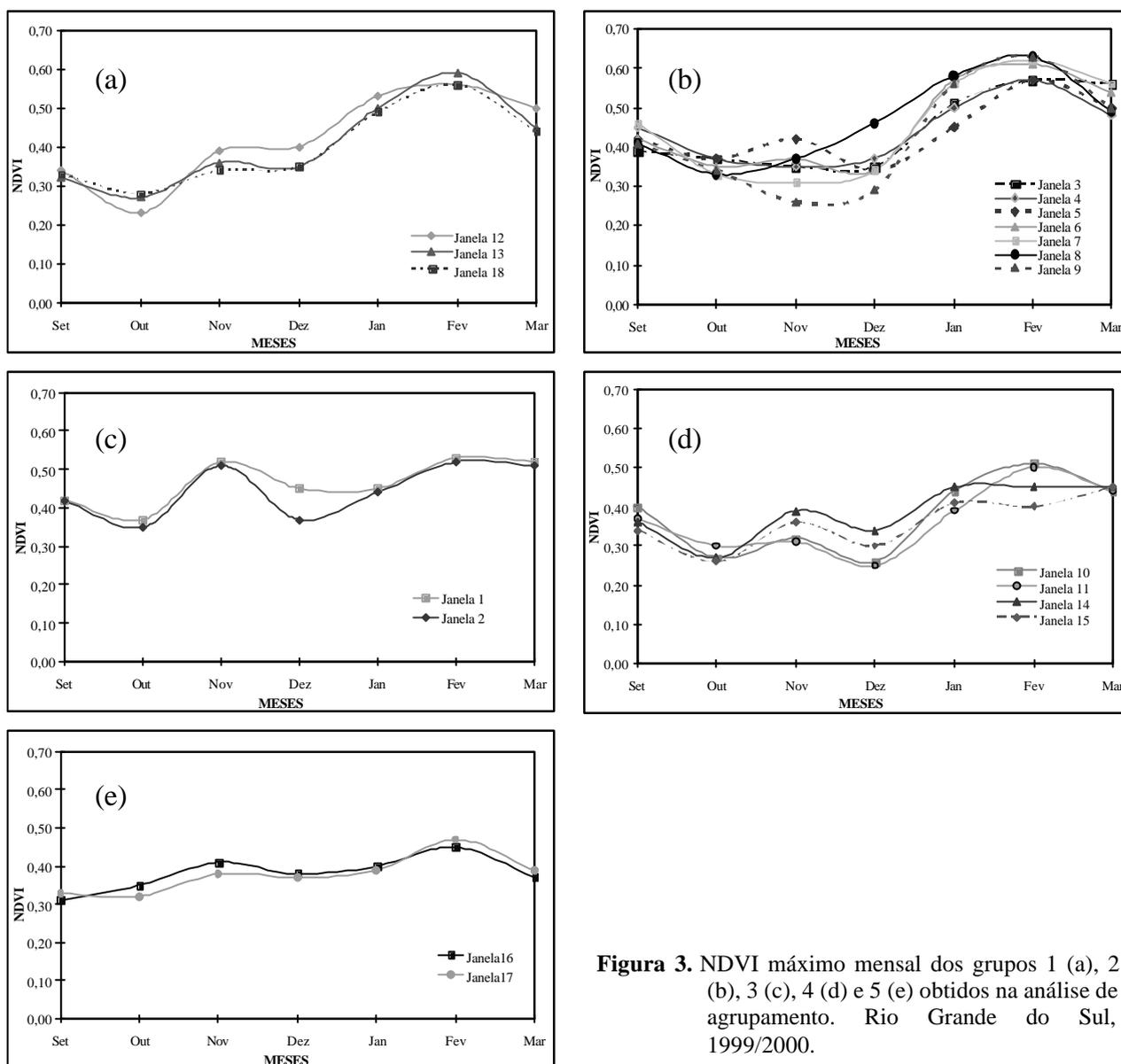


Figura 3. NDVI máximo mensal dos grupos 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e 5 (e) obtidos na análise de agrupamento. Rio Grande do Sul, 1999/2000.

4% da área total era ocupada por lavouras de soja. O padrão de NDVI se mostrou praticamente estável ao longo do período de estudo, com uma pequena elevação no mês de fevereiro, quando as pequenas lavouras com culturas de primavera-verão tiveram um aumento na densidade de sua biomassa.

Na Figura 5a são apresentadas as médias do NDVI para os cinco grupos descritos. Apesar deste nível de agrupamento ter sido satisfatório e de terem sido agrupadas regiões com certa homogeneidade, foram também analisados os grupos

para o nível 10 de agrupamento (Figura 5b), ou corte 2 do dendrograma (Figura 2).

Neste ponto de corte, os grupos 1 e 2 foram reunidos, assim como os grupos 4 e 5. Verifica-se, assim, de forma mais evidente, as diferenças de padrão de evolução temporal do NDVI como consequência das proporções variáveis de soja, assim como da cobertura e uso do solo.

De acordo com FONTANA *et al.* (2000), em novembro a semeadura determina baixas densidades ou ausência de biomassa, resultando em valores

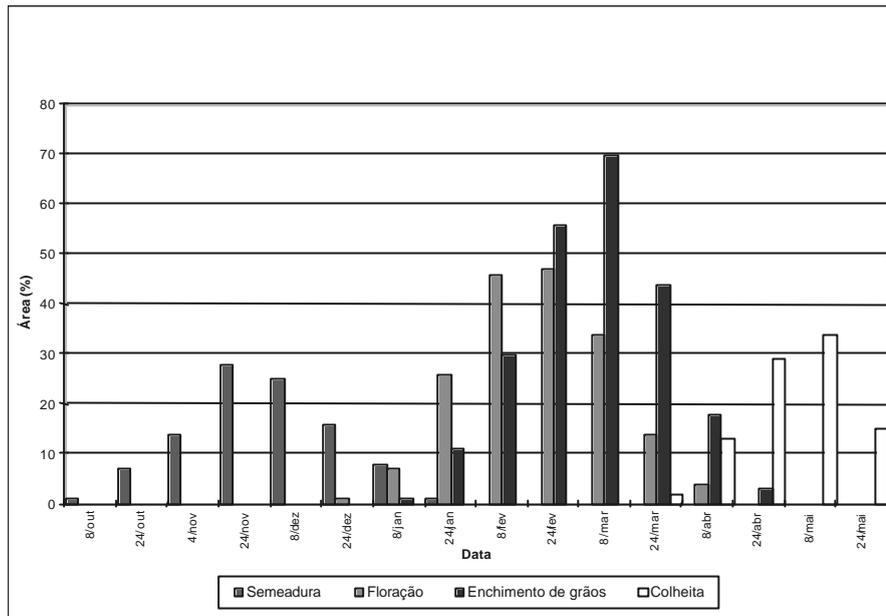


Figura 4. Calendário agrícola médio da soja no Rio Grande do Sul, no período 1982 a 1994. Fonte: FONTANA et al. (1999).

em seguida. Esta elevação está associada ao crescimento e desenvolvimento da biomassa das culturas anuais, predominantemente da soja.

Conclusões

A evolução temporal do NDVI, obtido de imagens NOAA, mostra sensibilidade quanto às proporções variáveis de soja, assim como quanto às diferenças de uso e cobertura do solo no entorno das lavouras de soja.

As diferenças na evolução temporal do NDVI observadas evidenciam a possibilidade

de NDVI muito baixos e constantes, elevando-se logo

de uso de imagens NOAA para acompanhar o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja em nível regional. Este produto pode, portanto, integrar sistemas de monitoramento, visando a fornecerem alertas quanto a possíveis problemas de crescimento das plantas.

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que as imagens NOAA representam um instrumento de monitoramento da superfície extremamente útil. Dada uma região de produção, é viável monitorá-la em tempo real e, a partir do conhecimento do padrão típico de desenvolvimento regional, emitir alertas sempre que as condições da biomassa, inferidas pelo NDVI, estiverem abaixo das normais. As imagens NOAA representam, portanto, um importante segmento em programas de acompanhamento e previsão de safras.

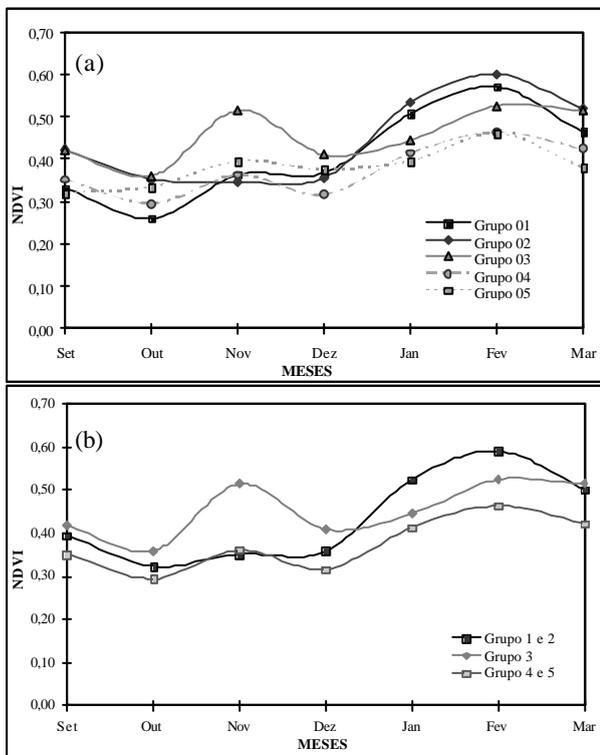


Figura 5. NDVI máximo mensal da média dos 5 (a) e 3 (b) grupos obtidos na análise de agrupamento. Rio Grande do Sul, 1999/2000.

Referências bibliográficas

ANTUNES, M. A. H.; ASSAD, E. D.; BATISTA, G. T. Variação das Medidas Espectrais Tomadas com Espectrorradiômetro ao Longo do Ciclo de Crescimento de Soja *Glycine max (L.) Merril*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993. Curitiba, **Anais...** Curitiba: INPE, 1993. v. 2, p. 01-09.

- BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and Limits of Vegetation Indices for LAI and APAR Assessment. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 3, p. 161-173. 1991.
- BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAURENCE, W. T. Monitoramento da Cobertura Florestal através de Índices de Vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993. Curitiba, **Anais...** Curitiba : INPE, 1993. p. 30-37.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade Interanual da Precipitação Pluvial e Rendimento da Soja no estado do Rio Grande de Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 119-125, 1999.
- DERENE, M; SETZER, A.; FRANÇA, H.. O “Cinturão” da Soja da Soja e Milho em Mato Grosso nos Mosaicos IVDN/AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001. Foz do Iguaçu, PR. [**Anais...**] [S.l. : s.n.], [2001]. 1 CD ROM.
- DINIZ, G. B. **Séries temporais de irradiação solar: Recuperação de dados mediante componentes principais.** Campina Grande: UFPB, 1994. 118 f. Dissertação (Mestrado - Meteorologia - Climatologia) - Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1994.
- EMATER/RS. **Informações institucionais, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços.** Disponível em <<http://www.emater.tche.br>>. Acesso em: 01 mar. 2001.
- FONSECA, E. L. **Caracterização Espectral e Índices de Vegetação em *Paspalum notatum* Flügge var. *Notatum* com vistas à Modelagem de Crescimento.** Porto Alegre: UFRGS, 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado - Agrometeorologia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FONTANA, D.C. et al. **Desenvolvimento e Teste de Metodologia em Monitoramento e Previsão de Safras no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. 95p. il. (Série D. Relatório Técnico, 003/99).
- 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.
- FONTANA, D. C. et al. Perfil Espectral da Soja no Sul do Brasil na Safra 2000. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 9., 2000. Puerto Iguazu, Argentina. **Anais...**, [S.l. : s.n.], 2000. p. 97-104.
- JUSTICE, C.O. et al. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 6, p. 1271-1318, 1985
- 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. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...**, SELPER / INPE, 2001. v. 1, p. 1-6.
- PUCHALSKI, L. A. **Efeitos Associados ao El Niño e La Niña na Temperatura Média, Precipitação Pluvial e no Déficit Hídrico no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado - Agrometeorologia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ROUSE, J. W. et al. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC: Greenbelt, MD, 1973. 371 p. (Type III, Final Report).
- SCHROEDER, W.; FRANÇA, J. R. de A.; CEBALLOS, J. C. Análise da Evolução Temporal da Cobertura Vegetal Usando dados AVHRR/NOAA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: SBA, 1999. 1 CD-ROM.