

NDVI de estádios de desenvolvimento da soja BRS 284 em condições de campo

Crusiol, L. G. T.¹; Neiverth, W.²; Rio, A.³; Sibalidelli, R. N. R.⁴; Ferreira, L. C.⁵; Carvalho, J. F. C.⁶; Nepomuceno, A. L.⁷; Neumaier, N.⁷; Farias, J. R. B.⁷

¹Bolsista Cnpq/PIBIC, Embrapa Soja, Londrina, Paraná. ²Bolsista CNPq/DTI, Embrapa Soja, Londrina, Paraná. ³Mestrando USP/ESALQ, Embrapa Soja, Londrina, Paraná. ⁴Mestrando UTFPR, Londrina, Paraná. ⁵Pós doutorando/CNPq, Embrapa Soja, Londrina, Paraná. ⁶Pós doutoranda/CAPES, Embrapa Soja, Londrina, Paraná. ⁷Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, Paraná.

e-mail: luis.crusiol@cnpso.embrapa.br

Introdução

No cenário mundial, o Brasil figura entre os maiores produtores de soja, podendo tornar-se o maior produtor mundial na safra 2012/2013. Estima-se que para a referida safra a produção total mundial de soja seja de 264,28 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por aproximadamente 30% deste total (SEAB, 2012).

Para a safra 2012/2013, estima-se uma produção recorde de 183,58 milhões de toneladas de grãos no Brasil. Dentre estes, 82,06 milhões, aproximadamente 45%, relaciona-se à produção de soja (CONAB, 2013). Tais valores expressam a importância da soja para a economia do país, uma vez que a produção da oleaginosa é fundamental para o setor do agronegócio, interferindo diretamente no Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

Com algumas exceções, ano após ano, importantes avanços têm sido obtidos na produtividade brasileira. Tais avanços estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de melhores equipamentos, produtos agrícolas, técnicas de manejo e cultivares que se adaptem melhor às mais diversas condições ambientais.

Buscando uma melhor avaliação das condições da vegetação, técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente aplicadas à agricultura. O sensoriamento remoto baseia-se no princípio de aquisição de informações de um determinado objeto sem a necessidade de contato direto com ele. Desse modo, a coleta de dados é otimizada, proporcionando maior veracidade das informações e agilidade na obtenção das mesmas.

Dentre as principais informações obtidas por meio do sensoriamento remoto estão os índices de vegetação. De acordo com Almeida et al. (2005), os índices de vegetação, expressos em valor numérico, resultam da combinação de dois ou mais comprimentos de onda e permitem a detecção de presença e estado da vegetação em questão. Índices de vegetação apresentam boa relação com características fisiológicas e biofísicas da vegetação, como área foliar, fitomassa, anomalias, evapotranspiração, produtividade e condição hídrica (Asrar et al., 1985; Antunes et al., 1993; Moreira, 2003; Leivas et al., 2011; Crusiol et al., 2012 A).

Um dos principais índices de vegetação utilizados é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1973). O acompanhamento de safras por meio do NDVI tem sido realizado com frequência mais intensa nos últimos anos. Gusso et al. (2007), Junges et al. (2007) e Esquerdo et al. (2009) destacam a eficiência do NDVI no gerenciamento do ciclo produtivo de plantas de soja. Contudo, não foram encontrados na literatura trabalhos que caracterizem espectralmente, por meio do NDVI, os estádios de desenvolvimento da soja.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o perfil espectral temporal da cultura da soja (Cultivar BRS 284) frente aos principais estádios do seu ciclo de crescimento, em condições de campo.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido nos campos experimentais da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina - PR, ao longo da safra 2012/2013.

A cultivar utilizada foi a BRS 284, de tipo de crescimento indeterminado, devido à sua grande aceitação comercial e à crescente demanda por cultivares com esse tipo de crescimento. A data de semeadura foi 05 de novembro de 2012 e o espaçamento entre linhas foi de 0,5 metros. As condições de manejo e cultivo seguiram as recomendações técnicas da Embrapa Soja (Embrapa, 2010).

As leituras de NDVI foram realizadas com aparelho *GreenSeeker*® 505 Handheld Sensor, fabricado pela *Ntech Industries, Inc*, que calcula o NDVI a partir da equação $NDVI = (\rho_{ivp} - \rho_v) / (\rho_{ivp} + \rho_v)$, onde ρ_{ivp} é a reflectância no infravermelho próximo (0,725-1,1 μm) e ρ_v é a reflectância no vermelho (0,58-0,68 μm). Seus valores variam de -1 a 1 de modo que, quanto mais próximo de 1 mais sadia encontra-se a vegetação.

Realizaram-se as coletas de NDVI com o sensor posicionado a uma altura fixa entre o topo do dossel e o sensor, dentro da faixa de altura recomendada pelo fabricante. Estipulou-se o horário de coleta sempre às 09 horas, conforme estabelecido por Crusiol et al. (2012 B). Para as coletas de NDVI, o número de repetições foi igual a 4 parcelas não irrigadas (sob condições naturais de campo).

O acompanhamento dos estádios de desenvolvimento, identificados de acordo com classificação detalhada em Embrapa Soja (2010), foi realizado três vezes por semana, em cinco plantas presentes em apenas uma das quatro parcelas utilizadas para determinação do NDVI.

O acompanhamento das variáveis climáticas foi feito a partir da estação meteorológica da Embrapa Soja, localizada dentro da área experimental.

Resultados e discussão

Os valores de NDVI estão apresentados na Figura 1 e na Tabela 1. Os estádios de desenvolvimento (ED) relacionados aos dias após a semeadura da medição do NDVI (DAS-NDVI) e dias após a semeadura da análise do estádio de desenvolvimento (DAS-ED) estão dispostos na Tabela 1. Embora algumas leituras de NDVI tenham sido realizadas um dia antes do acompanhamento do estádio (Tabela 1), verificou-se que as plantas de soja permaneceram no mesmo estádio de desenvolvimento por período superior ao intervalo das análises de NDVI.

As maiores variações nos valores de NDVI foram observadas no início e final do ciclo. No estádio de desenvolvimento V1, aos 17 DAS, obteve-se o menor valor de NDVI (0,199) que resultou da pequena área foliar da cultura caracterizada pela presença de folhas unifolioladas completamente desenvolvidas (Embrapa, 2010).

Para o estádio V2 de desenvolvimento, houve aumento de NDVI em torno de 40% em decorrência de maior área foliar e/ou número de folhas.

De acordo com Embrapa (2011), a cultura da soja necessita de disponibilidade hídrica contínua ao longo de todo o seu ciclo produtivo, sendo necessários de 450 a 800 mm de água ao longo de seu desenvolvimento. No período de coleta de dados, foi registrado um total pluviométrico de 504,5 mm. Como já destacado, o NDVI de plantas de soja é sensível a diferentes disponibilidades hídricas. Entretanto, tendo em vista a boa disponibilidade hídrica para a vegetação no referido período, as variações de NDVI observadas deveram-se muito provavelmente, às alterações morfológicas das plantas.

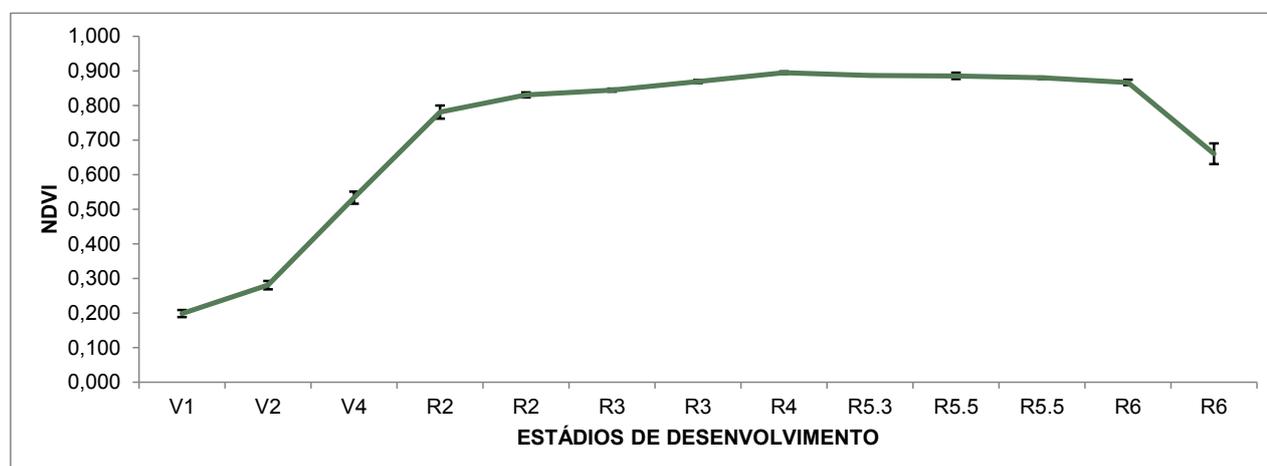


Figura 1. Valores de NDVI ao longo dos estádios de desenvolvimento da soja. As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

Tabela 1. Valores de NDVI ao longo dos estádios de desenvolvimento da soja. ED - Estádio de desenvolvimento; DAS - ED - Dias após a semeadura do acompanhamento do estágio; DAS - NDVI Dias após a semeadura das leituras de NDVI e NDVI - Valores de NDVI para os referidos dias.

ED	V1	V2	V4	R2	R2	R3	R3	R4	R5.3	R5.5	R5.5	R6	R6
DAS - ED	17	23	30	38	43	52	59	64	74	79	86	93	112
DAS - NDVI	16	23	30	38	44	52	59	66	74	79	86	93	112
NDVI	0,199	0,281	0,534	0,781	0,831	0,844	0,869	0,895	0,887	0,886	0,880	0,867	0,661

Entre os estádios V2 e R2 foram observados os maiores aumentos nos valores de NDVI ao longo do ciclo (178%), sobretudo entre os estádios V2 e V4, quando houve o maior aumento de NDVI (90%). Entre os estádios V4 e R2, a variação foi de aproximadamente 46% (Figura 1).

A partir do estágio R2, 38 DAS, houve desaceleração do aumento de NDVI. Entre R2 e R4, em 28 dias, observou-se um constante, porém leve, aumento do NDVI. Ao longo do estágio R2, detectado entre 38 e 44 DAS, houve o maior aumento percentual do NDVI (6,4) naquele período. Na transição do R2 para R3, observou-se estabilização do referido índice, com aumento de apenas 1,5%. Na transição R3 para R4 houve uma retomada, ainda que pequena, do aumento de NDVI.

O NDVI máximo foi obtido no estágio R4, aos 66 DAS. Embora o estágio de desenvolvimento tenha sido detectado aos 64 DAS não houve interferência nas análises, visto que as plantas atingiram o estágio R4 aos 64 DAS e passaram para o estágio R5 aos 72 DAS.

Após o NDVI máximo, o referido índice apresentou redução até a última análise. Entretanto, apenas no estágio R6 foi observada redução expressiva do referido índice. Entre o estágio R4 e até se atingir o R6, o NDVI manteve-se quase inalterado.

A redução percentual entre os estádios R4 e R5.3 foi de apenas 1%. Entre R5.3 e a primeira leitura realizada no R5.5 o valor de NDVI manteve-se praticamente inalterado, com redução de apenas 0,001. Entre as duas leituras feitas no R5.5 houve, novamente, uma pequena redução do referido índice, sendo esta inferior a 1%.

Conforme citado anteriormente, observou-se expressiva redução de NDVI somente no estádio R6. Neste estádio, as plantas já haviam completado o período de enchimento de grãos. A redução observada neste período foi superior a 23%, devido a mudanças nas atividades fisiológicas das plantas, bem como menor área foliar útil, além do amarelecimento e queda das folhas.

Conclusões

O NDVI máximo obtido no ciclo da soja cultivar BRS 284 se deu no estádio R4.

Houve estabilização do NDVI entre os estádios R2 e R6.

Novas avaliações de NDVI devem ser feitas ao longo das safras seguintes visando obter um padrão do perfil espectral de cultivares de soja de tipo de crescimento indeterminado.

Referências

ALMEIDA, T. S.; FONTANA, D. C.; MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H. Índices de vegetação para a cultura da soja em diferentes condições hídricas e de sistema de manejo do solo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 17-24. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.17.02>>. Acesso em: 30 ago. 2012.

ANTUNES, M. A. H.; BATISTA, G. T.; ASSAD, E. D.; MOREIRA, M. A. Utilização de medidas espectrais para o monitoramento da cultura da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) ao longo do ciclo de crescimento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. (SBSR), 1993, Curitiba, BR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. v. 4, p. 42-51. Printed, On-line. ISBN 978-85-17-00055-3. (INPE-7604-PRE/3455). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.00.53.56>>. Acesso em: 30 ago. 2012.

ASRAR, G.; KANEMASU, E. T.; JACKSON, R.D.; PINTER JUNIOR, P.J. Estimation of total above-ground phytomass production using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**. 17. p 211 - 220. 1985.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março 2013**/ Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: Conab, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 18 Mar. 2013.

CRUSIOL, L. G. T.; CARVALHO, J. F. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; FARIAS, J. R. B. Influência do horário das medições nos valores de NDVI. In: VI Congresso Brasileiro de soja. Cuiabá, 2012. **Resumos...** Brasília: Embrapa, 2012. Artigos, p. 82. ISBN 978-85-7035-056-5. Disponível em <www.cbsoja.com.br/anais/trabalhos/127_s323.pdf> a.

CRUSIOL, L. G. T.; CARVALHO, J. F. C.; TOLEDO, C. DE F.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; NEPOMUCENO, A. L. Comportamento espectral de diferentes genótipos de soja (GM para tolerância a seca e convencionais), em condição irrigada e sob estresse hídrico. In: VI Congresso brasileiro de soja. Cuiabá, 2012. **Resumos...** Brasília: Embrapa, 2012. Artigos, p. 83. ISBN 978-85-7035-056-5. Disponível em <www.cbsoja.com.br/anais/trabalhos/128_s324.pdf> b.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2011**. Londrina: Embrapa Soja. 2010. 255 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 14).

ESQUERDO, J. C. D. M.; ZULLO JUNIOR, J.; ANTUNES, J. F. G. Uso de perfis multi-tempoais de NDVI/AVHRR no acompanhamento da cultura da soja no oeste do Paraná. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 145-150. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.12.17.50>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

GUSSO, A.; FONSECA, E. L.; FONTANA, D. C. Monitoramento do desenvolvimento da cultura da soja no sul do Brasil usando dados SPOT Vegetation e NOAA/AVHRR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 225-232. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em:<<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.03.30>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

JUNGES, A. H.; ALVES, G.; FONTANA, D. C. Estudo indicativo do comportamento 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, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 241-248. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em:<<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.10.52>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; NOGUEIRA, S. F.; BOLFE, É. L. Estimativa da evapotranspiração em áreas com diferentes características ambientais utilizando o algoritmo Sebal. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: SIGERA, 2011. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55706/1/Janice-CBA.pdf>>

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2.ed. – Viçosa: UFV, 2003. 307 p.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with erts. In: EarthResourcesTechnologySatellite-1 Symposium, 3, 1973, Washington, D. C. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973, v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).

SEAB – Departamento de Economia Rural. Soja – Análise da conjuntura agropecuária, outubro 2012/ Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – Curitiba: SEAB, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf>. Acesso em 18 mar. 2013.