

## Comportamento espectral de diferentes genótipos de soja (GM para tolerância a seca e convencionais), em condição irrigada e sob estresse hídrico.

Spectral behavior of different soybean genotypes (GM for drought tolerance and commercial) under irrigated and stressed conditions.

CRUSIOL, L.G.T.<sup>1</sup>; CARVALHO, J.F.C.<sup>2</sup>; TOLEDO, C.deF.<sup>3</sup>; NEUMAIER, N.<sup>4</sup>; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C.<sup>4</sup>; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.<sup>5</sup>; NEPOMUCENO, A.L.<sup>4</sup>; FARIAS, J.R.B.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bolsista CNPq/PIBIC, Embrapa Soja, Londrina, PR; e-mail: [luis.crusiol@cnpsa.embrapa.br](mailto:luis.crusiol@cnpsa.embrapa.br)

<sup>2</sup> Pós doutoranda/CAPES, Embrapa Soja, Londrina, PR;

<sup>3</sup> Técnico do Laboratório de Ecofisiologia, Embrapa Soja, Londrina, PR;

<sup>4</sup> Pesquisador Embrapa Soja, Londrina, PR;

<sup>5</sup> Pesquisadora do Japan International Research Center for Agricultural Sciences/JIRCAS, Japan.

### Resumo

Objetivou-se no presente trabalho obter valores de NDVI para cultivares convencionais de soja BR 16 e Embrapa 48 consideradas sensível e tolerante à seca respectivamente e para linhagens geneticamente modificadas DREB1A-P58 e DREB2A-P2193 as quais contêm genes de tolerância à seca e à seca e calor, respectivamente. Todos esses materiais juntamente com genótipo 09D-077 resultante do cruzamento entre DREB1A-P58 e BR16 foram avaliados sob condição irrigada e de estresse hídrico (abrigo) em cinco datas diferentes. Plantas no tratamento irrigado apresentaram maiores valores de NDVI quando comparados ao tratamento estressado. Analisando os genótipos dentro do tratamento irrigado observou-se que a cv BR 16 apresentou maiores valores de NDVI nas datas 07 e 14 de dezembro. Nas plantas sob abrigo o cruzamento 09D-077 e DREB1A-P58 tiveram em geral menores valores de NDVI, exceto na data de 22 de dezembro. Os resultados obtidos mostraram o potencial do uso do NDVI para estudos que visam desenvolver plantas tolerantes ao estresse hídrico.

### Introdução

O monitoramento de culturas agrícolas por imagens de satélites é feito por meio da utilização dos índices de vegetação, definidos como combinações de dados espectrais de duas ou mais bandas (MOREIRA, 2000). Entre os diversos índices de vegetação existentes, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) vem sendo amplamente utilizado (ROUSE et al., 1973) para classificação da cobertura vegetal, derivação das propriedades biofísicas da vegetação, estimação da produção líquida primária e monitoramento de impactos ambientais (PRINCE, 1991, EVANS et al., 1993, SELLERS et al., 1994, WANG et al., 2003).

Tal índice representa a relação entre a reflectância diferencial de dois comprimentos de ondas do espectro eletromagnético, o vermelho (0,58-0,68 $\mu$ m) e infravermelho próximo (0,725-1,1  $\mu$ m) (ROUSE et al., 1973). Ele pode ser calculado por meio da fórmula:  $NDVI = (pivp - pv) / (pivp + pv)$ , onde pivp é a reflectância no infravermelho próximo e pv é a reflectância no vermelho (POELKING et al., 2007) e seus valores variam de -1 a 1.

A obtenção de índices de vegetação se dá via satélite, porém aparelhos como o *GreenSeeker® 505 HandHeld Sensor*, são uma importante ferramenta para o levantamento de dados de uma área agrícola específica sob condições mais favoráveis em termos de influência da atmosfera do que aquelas adquiridas por sensores remotos a bordo de plataformas orbitais.

Dentro deste contexto o presente trabalho objetivou comparar valores de NDVI das cultivares convencionais de soja BR 16 e Embrapa 48 consideradas sensível e tolerante à seca respectivamente e das linhagens geneticamente modificadas DREB1A-P58 e DREB2A-P2193 as quais contêm genes de tolerância à seca e à seca e calor respectivamente. Todos esses materiais juntamente com genótipo 09D-077 resultante do cruzamento entre DREB1A-P58 e

BR16 foram avaliados sob condição irrigada e de estresse hídrico (abrigo) em cinco datas diferentes.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Embrapa Soja, localizada em Londrina-PR durante a safra 2011/2012. As condições de cultivo foram realizadas de acordo com recomendações da Embrapa Soja. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas. Os tratamentos na parcela foram: irrigado (I), não irrigado (NI) e sob coberturas móveis (abrigos); programados para fechar simulando condições de seca, toda vez que ocorresse chuvas nos estádios vegetativos ou reprodutivos. Os tratamentos nas subparcelas foram: cultivares de soja convencional Embrapa 48 e BR16 consideradas tolerante e sensível à seca respectivamente, linhagens GMSDREB1A-P58 (modificada para tolerância à seca) e DREB2A-P2193 (modificada para tolerância à seca e ao calor), além do genótipo 09D-077 resultado do cruzamento entre DREB1A-P58 e BR16. O número de blocos foi igual a quatro para os tratamentos (I) e (NI) e seis para o tratamento (A). As linhagens GMDREB1A-P58 e DREB2A-P2193 foram obtidas pela introdução, na cultivar convencional BR16, respectivamente das construções gênicas contendo o promotor estresse induzido rd29A e a região codante dos fatores de transcrição AtDREB1A e AtDREB2A, ambos isolados de *A. thaliana*.

As medições do NDVI foram realizadas a uma altura de 80 a 120 cm em relação ao topo do dossel das plantas, utilizando-se um aparelho *GreenSeeker® 505 Handheld Sensor*, fabricado pela *Ntech Industries, Inc*, quando as plantas estavam no estágio vegetativo.

### **Resultados e Discussão**

A partir dos dados obtidos foi possível constatar alterações no NDVI ao longo do período de medições como consequência das mudanças no crescimento e desenvolvimento das plantas no tratamento irrigado. Em geral os tratamentos irrigados apresentaram maiores valores de NDVI quando comparados ao tratamento estressado (Figura 1). Este tipo de resposta já era esperado visto que os tratamentos irrigados apresentam maior crescimento da vegetação. Por outro lado sob estresse mudanças nas respostas espectrais podem estar relacionadas à redução na área foliar total exposta ao sensor, perda de folhas, mudança na orientação das folhas e suspensão no crescimento da planta. Além disso, valores de NDVI reduzidos podem ser decorrentes de redução na concentração de clorofila, redução na atividade fotossintética e desarranjo nas estruturas internas da folha (ALMEIDA, 2008).

Os índices de vegetação possuem uma relação de dependência com as características estruturais e fisiológicas da vegetação, as quais são amplamente afetadas pelo déficit hídrico. De acordo com BARET e GUYOT (1991), a geometria do dossel (ângulo de inserção, distribuição e espaçamento das folhas), teor de pigmentos, conteúdo de água, grau de senescência e os estresses ambientais e nutricionais são fatores que modificam a reflectância do dossel.

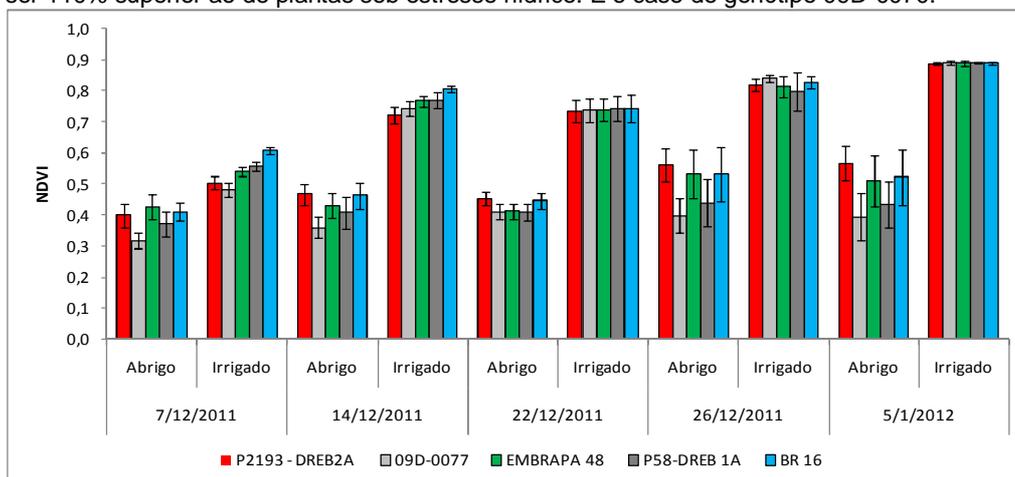
Analisando os genótipos dentro do tratamento irrigado observou-se que a cv BR 16 apresentou maiores valores de NDVI nas datas 07 e 14 de dezembro quando comparada aos demais genótipos. Nas plantas sob abrigo o cruzamento 09D-077 e DREB1A-P58 tiveram em geral menores valores de NDVI, exceto na data de 22 de dezembro.

Na primeira data de coleta a diferença do NDVI médio entre às condições irrigada e sob abrigo foi menor que nas demais datas podendo ser explicada pelo fato das plantas estarem somente seis dias sob abrigo (data de início de fechamento dos abrigos foi 01/12/2011) e devido ao seu estágio inicial de desenvolvimento quando a necessidade hídrica das plantas ainda era baixa. A diferença para os genótipos DREB2A e Embrapa 48 foi de apenas 0,104 para a primeira cultivar e 0,116 para a segunda, as menores diferenças obtidas.

Para as demais cultivares as coletas de NDVI do dia 07 de dezembro de 2011, e de todas as outras quatro datas para as cinco cultivares apresentou diferenças significativas entre às condições irrigada e plantas sob abrigo.

Uma data de coleta que merece atenção é 22 de dezembro de 2011. Neste dia todas as cultivares que estavam sob estresse hídrico apresentaram NDVI médio entre 0,409 e 0,454. Ao mesmo tempo, as cultivares com disponibilidade hídrica abundante apresentaram NDVI 0,736 e 0,743, ou seja, para ambas as condições de disponibilidade hídrica o dia 22 de dezembro de 2011 marca certa equiparação entre as cultivares. Nota-se nesta data que a diferença de NDVI entre as duas condições é superior à do dia 14 do mesmo mês.

No dia 26 de dezembro de 2011, o estresse hídrico continua impedindo o pleno desenvolvimento das plantas. Nesta data o NDVI das plantas na condição irrigada chegou a ser 110% superior ao de plantas sob estresse hídrico. É o caso do genótipo 09D-0070.



**Figura 1.** Valores de NDVI para as cinco cultivares analisadas, nas condições irrigada e de estresse hídrico (abrigo). Barras de erros correspondem ao erro padrão da média.

No dia 27 de dezembro de 2011 as plantas deixaram de ser submetidas ao estresse hídrico, pois passaram para o período reprodutivo, recebendo, assim, somente água de precipitação. Entre o dia 27/12/2011 e 05/01/2012, de acordo com dados da estação meteorológica da Embrapa Soja, a precipitação total foi de 149 mm. Contudo, nas plantas que estavam em estresse hídrico não foram observadas alterações no NDVI em resposta à essa precipitação. Já as plantas em condição irrigada apresentaram leve aumento no NDVI. De acordo com ANTUNES et al. (1993) e FIDELIS FILHO et al. (2005) o NDVI apresenta tendência de saturação em altos valores de IAF e biomassa o que pode estar acontecendo nesta última análise onde novamente ocorre uma equiparação dos diferentes genótipos. ALMEIDA (2008) trabalhando com soja verificou que para IAF elevados, acima de quatro, alguns índices, entre eles o NDVI, perdem a sensibilidade.

Plantas estressadas têm seu desenvolvimento e crescimento afetado devido à falta de água. Assim, a cobertura vegetal do solo é menor fazendo com que o NDVI também seja menor. Além disso, vegetação nessa condição hídrica tende a absorver menos radiação na faixa do vermelho, visando economia de água, e refletir mais radiação na faixa do infravermelho próximo (POELKING, 2007).

### Conclusões

- Plantas de soja sob condições de irrigação no período vegetativo apresentam valores de NDVI sempre superiores àquelas submetidas ao estresse hídrico, sendo que a diferença chegou a 120%.
- No tratamento irrigado a cv BR 16 apresenta maiores valores de NDVI nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura. Nas plantas sob abrigo o cruzamento 09D-077 e DREB1A-P58 tiveram em geral menores valores de NDVI.

## Referências

- ALMEIDA, T. S. de. **Respostas espectrais da soja sob diferentes condições hídricas e de preparo do solo**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- ANTUNES, M. A. H.; ASSAD, E.D.; BATISTA, G.T. Variação das medidas espectrais tomadas com espectrorradiômetro ao longo do ciclo de crescimento da soja. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...**Curitiba: INPE, 1993, v.3, p.1-9.
- BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI e APAR assessment. **Remote Sensing of Environmental**, Basingstone, v. 35, n. 2-3, p.161-173, 1991.
- EVANS, D. L., ZHU, Z., WINTERBERGER, K. Mapping forest distributions with AVHRR data. **World Resource Review**. 5., p. 66– 71, 1993.
- FIDELIS FILHO, J.; NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. M. Monitoramento da área foliar e biomassa do feijoeiro usando índice de vegetação por diferença normalizada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 13, n. 2, p. 212-218, 2005.
- MOREIRA, R.C. **Influência do posicionamento e da largura de bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação**. 2000. 114 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.
- POELKING, E. L.; LAUERMANN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 21-26 de abril de 2007, p. 4145-4150.
- PRINCE, S. D.. A model of regional primary production for use with coarse resolution satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 12, n. 6 , p.1313– 1330, 1991.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with erts. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-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).
- SELLERS, P. J.; TUCKER, C. J.; COLLATZ, G. J.; LOS, S. O.; JUSTICE, C. O.; DAZLICH, D. A.; RANDALL, D. A. A global 1 by 1 NDVI data set for climate studies: Part 2. The generation of global fields of terrestrial biophysical. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 17, p. 3519–3545, 1994.
- WANG, Q.; WATANABE, M.; HAYASHI, S.; MURAKAMI, S. Using NOAA AVHRR data to assess flood damage in China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 82, n. 2, p. 119–148, march 2003.