PERFIL DE NDVI EM ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE SOJA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURAS DO SOLO NO RIO GRANDE DO SUL

Diego Armando Amaro da Silva¹, Antônio Luis Santi², Romano Augusto Martini Dal Bello³, Dejalés Fioresi³; Felipe Arthur Baron³

1 Engº Agrº Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista Capes (damaro.agro@gmail.com), Frederico Westphalen, RS, Brasil.

2 Engº Agrº Professor, Doutor da Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Brasil.

3 Graduandos do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Brasil.

Recebido em: 08/09/2015 – Aprovado em: 14/11/2015 – Publicado em: 01/12/2015
DOI: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_205

RESUMO

Monitorar sistemas dinâmicos, como a agricultura de ciclo anual é importante em agroecossistemas cada vez mais produtivos, visando à estabilidade produtiva e a conservação de solos e água na lavoura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil espectral da cultivar de soja BMX Vanguarda IPRO em vários estádios de desenvolvimento, em função de diferentes plantas de cobertura do solo antecessoras a cultura no Estado do Rio Grande do Sul. O experimento constou de um arranjo em esquema fatorial 8x10, sendo oito estádios de desenvolvimento da soja onde foram efetuadas leituras de NDVI com aparelho GreenSeeker® 505 Handheld Sensor (V2, V4, V5, V7, V8, R1, R3 e R4), e dez sistemas de plantas de cobertura de inverno com 10 repetições. Os dez sistemas utilizados foram: aveia preta (AP), aveia branca (AB), azevém (AZ), nabo forrageiro (NF), ervilhaca (E), consórcio AP+NF+E, consórcio AP+NF, consórcio AP+E, tremoço branco (TB), vegetação espontânea ou pousio (P). O pico de verde da cultura ocorreu em R3 e R4, e o tratamento E mostrou ser o que mais favorece o arranque inicial da soja, devido ao maior NDVI observado do estádio V2 até o estádio V8. O P prejudica o estabelecimento inicial da soja, apresentando baixo NDVI de V2 até R1. O índice de vegetação utilizado foi incapaz de distinguir os tratamentos a partir do fechamento do dossel da cultura da soja. Houve poucas correlações entre os dados obtidos nos estádios vegetativos e reprodutivos da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: correlação, *Glycine Max* L., índice de vegetação

PROFILE OF NDVI ON SOYBEAN DEVELOPMENT STAGES IN DIFFERENT COVER CROPS IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

Monitoring dynamic systems, such as the annual cycle farming is important in agroecosystems increasingly productive, aimed at productive stability and conservation of soil and water in the fields. The objective of this study was to evaluate the spectral

profile soybean cultivar BMX Vanguard IPRO in various stages of development, for different ground cover plants predecessors culture in the state of Rio Grande do Sul. The experiment consisted of a factorial design in data collection 8x10, eight soybean growth stages where NDVI readings were made with apparatus GreenSeeker® 505 Handheld Sensor (V2, V4, V5, V7, V8, R1, R3 and R4) and ten of winter cover crops systems with 10 repetitions. The ten systems used were: black oat (AP), oat (AB), ryegrass (AZ), turnip (NF), vetch (E), consortium AP+NF+E, consortium AP+NF, consortium AP+E, white lupine (TB), and spontaneous vegetation or fallow (P). The green peak occurred at R3 and R4, and the treatment and showed to be the most favorable initial startup soybean, due to the greater the observed NDVI stage V2 to V8 stage. The P treatment impairs the initial establishment of soybeans presenting low NDVI V2 to R1. The used vegetation index was unable to distinguish the treatments from the soybean canopy closure. There was little correlation between the data obtained in the vegetative and reproductive stages of the crop.

KEYWORDS: *Glycine Max* L., vegetation index, correlation.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, a crescente expansão da cultura da soja e sua contribuição no PIB do Estado, destacam sua grande importância e relevância regional, ocupando área de 5216 mil ha, sendo o terceiro maior produtor nacional com 14787,4 mil t do grão produzido na safra 2014/15 (CONAB, 2015).

Seguindo o recente lançamento no mercado brasileiro da tecnologia Intacta RR2 PRO, procurou-se utilizar uma das primeiras cultivares lançadas com esta tecnologia, a BMX Vanguarda IPRO, que apresenta resistência a lagartas associada a tecnologia RR1, que dá resistência ao herbicida Roundup® (ÁVILA, 2015), tendo a cultivar como pontos fortes a periodicidade com alto potencial produtivo e ampla janela de plantio na segunda safra (BRASMAX, 2015).

Tem se tornado um desafio produzir alimentos de forma econômica e ambientalmente sustentável, numa biosfera fragilizada por diversas ações humanas e de ordem climática natural (SANTI et al., 2014). O uso de plantas de cobertura ainda é pouco explorada na sua vasta diversidade, principalmente por questões culturais, da assistência técnica, razões econômicas ou falta de informação simplesmente, e podem contribuir muito para elevar a qualidade estrutural do solo (SANTI et al., 2014) proporcionando maiores produtividades, de forma mais estável e econômica.

Monitorar sistemas dinâmicos, como a agricultura de ciclo anual, é um desafio que demanda recursos científicos e tecnológicos compatíveis com as escalas espaciais e temporais onde em que elas ocorrem (RISSO et al., 2012), estando em constante mudanças e necessitando de pesquisas na área. Uma das ferramentas mais utilizadas recentemente é o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), sensível à presença de pigmentos fotossintetizantes, em particular a clorofila (HUETE et al., 2002), obtido a partir da razão entre a subtração e soma das refletâncias das bandas da região do infravermelho próximo e d vermelho do espectro eletromagnético (ARAÚJO et al., 2014), sendo um dos índices espectrais mais utilizados mundialmente.

O perfil temporal do NDVI pode ser utilizado para detectar variações sazonais e interanuais na fenologia de culturas, duração do período de crescimento, o pico de verde, mudanças fisiológicas na planta e períodos de senescência (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007), sendo usado com sucesso para o monitoramento de

mudanças na vegetação (JUNGES & FONTANA, 2009), e alguns trabalhos realizados com a cultura da soja no Rio Grande do Sul já mostram a utilidade do NDVI na caracterização das plantas aos fatores ambientais, estimar incidência de doenças, ataque de pragas, mapear a área ocupada pela cultura, estimar o fluxo de CO₂ na lavoura e o rendimento de grãos da cultura (MELO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil espectral da cultivar de soja BMX Vanguarda IPRO em vários estádios de desenvolvimento, em condições de campo em função de diferentes plantas de cobertura do solo antecessoras a cultura no Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Frederico Westphalen - RS na safra agrícola de 2014, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen – RS, localizada a 27°23'24.33" S e 53°25'39.58" O, com altitude de 483 m. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa ou subtropical úmido, com temperatura média anual de 19°C e precipitação entre 1800 e 2000 mm bem distribuídos ao longo do ano.

O solo foi classificado conforme a EMBRAPA (2013) como Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura argilosa, cujas características físicas e químicas do solo de 0-0,20 m de profundidade se encontram na Tabela 1.

TABELA 1. Composição e características químicas e físicas do solo da área experimental.

Análise	Unidade	Valor
pH em água	-log[H ⁺]	5,1
Argila	g kg ⁻¹	740
Matéria orgânica (MOS)	g kg ⁻¹	32
P (Mehlich ⁻¹)	mg dm ⁻³	9,3
K ⁺	mg dm ⁻³	268,0
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,4
Acidez potencial	cmol _c dm ⁻³	5,6
Ca ⁺⁺	cmol _c dm ⁻³	6,0
Mg ⁺⁺	cmol _c dm ⁻³	2,8
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	cmol _c dm ⁻³	11,3
Saturação da CTC por bases (V%)	%	50,6

O experimento constou de levantamento de dados em esquema fatorial 8x10, sendo, oito estádios de desenvolvimento da soja onde foram efetuadas as leituras de NDVI (V2, V4, V5, V7, V8, R1, R3 e R4), e dez sistemas de PC de inverno com dimensões de 5 m x 25 m cada, área total de 1250 m². Para as leituras de NDVI foram consideradas 10 repetições por tratamento. Os dez sistemas de PC utilizados foram: aveia preta (*Avena strigosa* S. - AP), aveia branca (*Avena sativa* L. - AB), azevém (*Lolium multiflorum* L. - AZ), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. - NF), ervilhaca (*Vicia sativa* L. - E), aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro (AP+NF+E), aveia preta + nabo forrageiro (AP+NF), aveia preta + ervilhaca (AP+E), tremoço branco (*Lupinus albus* L. - TB) e pousio (vegetação espontânea - P).

A cultura da soja foi semeada utilizando-se a cultivar de BMX Vanguarda IPRO, semeada em 29 de novembro, após o terceiro ciclo das plantas de cobertura de inverno, experimento implantado no inverno de 2012. Operações como tratamento de sementes, controle de doenças, pragas e plantas daninhas ocorreram conforme Indicações Técnicas para a Cultura da Soja RS/SC (2015).

As leituras de NDVI foram realizadas com aparelho GreenSeeker® 505 Handheld Sensor com altura de leitura segundo a recomendação do fabricante, com distância entre o topo do dossel e o sensor de aproximadamente 0,8 a 1 m, sendo realizadas todas entre as 09 e 12 horas (CRUSIOL et al., 2013). O NDVI é calculado a partir da equação $NDVI = (pivp - pv) / (pivp + pv)$, onde pivp é a refletância no infravermelho próximo (0,725-1,1 μm), e pv é a refletância no vermelho (0,58-0,68 μm). Seus valores variam de -1 a 1 de modo que, quanto mais próximo de 1 maior o vigor de desenvolvimento da cultura (ROUSE et al., 1978; GROHS et al., 2011), ou maior a cobertura de solo pela mesma.

Os dados foram analisados de acordo com o modelo de delineamento experimental inteiramente casualizado, submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$), e as médias comparadas pelo teste t de Student ($p < 0,05$), conforme sugerido por FERREIRA et al. (2012) em boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo para experimentos com áreas distintas que possuem pseudorepetições. Posteriormente foi efetuada correlação simples de Pearson entre as leituras de NDVI nos diferentes estádios da soja. Para as análises dos dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT, tomando como base os níveis de significância maiores que 95% ($p \leq 0,05$). Para confecção das figuras foi utilizado o programa gráfico estatístico SigmaPlot.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva dos dados obtidos nas leituras de NDVI se encontra na Tabela 2. Os valores obtidos de NDVI apresentaram baixa variabilidade em todos os estádios analisados, principalmente nos estádios reprodutivos da soja, que foram menores que 1%, apresentando uma pequena amplitude nos dados, sendo o CV uma medida estatística que permite comparar a variabilidade entre as amostras de variáveis com unidades diferentes (ZANZARINI et al., 2013), além de transmitir uma maior confiabilidade nas amostras coletadas.

TABELA 2. Análise descritiva dos dados de NDVI obtidos em diferentes estádios de desenvolvimento da cultivar de soja BMX Vanguarda IPRO.

Variáveis	Parâmetros estatísticos								
	Média	Mín	Máx	Mediana	Desvio Padrão	CV (%)	Assimetria	Curtose	Teste W ¹
V2	0,272	0,20	0,35	0,27	0,03	12,37	0,33	0,40	0,97*
V4	0,601	0,50	0,69	0,60	0,04	6,57	0,02	0,38	0,99 ^{ns}
V5	0,711	0,63	0,13	0,71	0,03	3,95	-0,26	0,20	0,98 ^{ns}
V7	0,822	0,51	0,87	0,83	0,04	5,37	-3,99	24,95	0,68*
V8	0,819	0,20	0,88	0,84	0,08	9,46	-5,57	41,63	0,53*
R1	0,886	0,86	0,90	0,89	0,01	0,91	-1,20	2,08	0,77*
R3	0,910	0,89	0,92	0,91	0,01	0,64	-0,92	3,04	0,68*
R4	0,916	0,90	0,92	0,92	0,01	0,69	-1,26	0,45	0,66*

¹ Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: * significativo em níveis de $p \leq 0,05$; ^{ns} não significativo. Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Houve diferenças significativas entre os estádios analisados e as PC antecessoras utilizadas, como pode ser visto na Tabela 3. Os estádios de início e fim da frutificação da soja (R3 e R4) apresentaram o pico de NDVI da cultura da soja (TABELA 3 e FIGURA 1), seguidos pelos estádios R1 e vegetativos de fechamento do dossel V7 e V8, e de crescimento V5, V4, e por último o V2, apresentando grande semelhança aos dados apresentados por RODRIGUES et al. (2012).

TABELA 3. Valores de NDVI ao longo dos estádios de desenvolvimento da cultivar de soja BMX Vanguarda IPRO em diferentes plantas de cobertura do solo.

Tratamento	Estádio de desenvolvimento			
	V2	V4	V5	V7
AP	0,261 ab ¹	0,592 cd	0,704 bcd	0,812 abc
AB	0,285 ab	0,595 cd	0,705 bcd	0,782 c
AZ	0,265 ab	0,604 bc	0,715 abc	0,828 ab
NF	0,271 ab	0,603 ab	0,730 ab	0,833 ab
E	0,289 a	0,647 a	0,738 a	0,837 a
AP+NF+E	0,275 ab	0,609 bc	0,720 abc	0,840 a
AP+NF	0,279 ab	0,595 cd	0,714 abc	0,837 a
AP+E	0,258 b	0,571 d	0,696 cd	0,832 ab
TB	0,271 ab	0,595 cd	0,705 bcd	0,815 ab
P	0,261 ab	0,567 d	0,681 d	0,806 bc
Média	0,272 f ²	0,600 e	0,711 d	0,822 c

Tratamento	Estádio de desenvolvimento			
	V8	R1	R3	R4
AP	0,800 b ¹	0,890 a	0,911 a	0,919 a
AB	0,745 c	0,885 a	0,910 a	0,916 a
AZ	0,822 ab	0,885 a	0,907 a	0,915 a
NF	0,833 a	0,888 a	0,908 a	0,915 a
E	0,843 a	0,888 a	0,909 a	0,918 a
AP+NF+E	0,843 a	0,889 a	0,912 a	0,919 a
AP+NF	0,842 a	0,888 a	0,913 a	0,917 a
AP+E	0,839 a	0,887 a	0,912 a	0,916 a
TB	0,813 ab	0,885 a	0,910 a	0,916 a
P	0,814 ab	0,873 b	0,904 a	0,907 a
Média	0,818 c ²	0,886 b	0,910 a	0,916 a

¹ Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste t com probabilidade de erro de 5%; ² Médias seguidas de mesmas letras na linha, não diferem entre si pelo teste t com probabilidade de erro de 5%.

A PC antecessora E resultou em um maior NDVI na soja nos estádios V2, V4 e V5, sendo sempre mais elevados aos demais tratamentos, como pode ser visto na Figura 1, evidenciando que esta PC facilita o estabelecimento da cultura da soja. A ervilhaca, conforme BONJORNIO et al. (2010), promove fixação biológica de N possuindo baixa relação C/N, e conseqüentemente rápida degradação da palha e deposição dos nutrientes no solo, favorecendo o arranque inicial dos cultivos posteriores.

FIGURA 1 Evolução temporal dos valores de NDVI ao longo dos estádios de desenvolvimento da soja BMX Vanguarda IPRO em diferentes plantas de cobertura do solo. Fonte: Autores.

No estágio V2, a E só diferiu da AP+E. No estágio V4, a E foi superior a todos os tratamentos, não diferindo apenas de NF, onde AP+E e P se apresentaram com menor NDVI observado. Já no estágio V5, a PC E foi superior aos tratamentos AB, TB, AP, AP+E, e com menor NDVI o P.

No estágio V7, os consórcios AP+NF+E, AP+NF e novamente o E, foram os que apresentaram maior NDVI na cultura da soja, diferenciando estatisticamente dos tratamentos P e AB.

Em V8, perto do fechamento do dossel, os tratamentos E, AP+NF+E, AP+NF, AP+E e NF apresentaram maior valor no índice de vegetação, diferenciando do tratamento AP.

Já no primeiro estágio do período reprodutivo (R1), o tratamento com vegetação espontânea (P) foi o que apresentou menor NDVI, diferenciando de todos os demais tratamentos, mostrando ser uma opção a ser descartada a anteceder o cultivo da cultura da soja, por prejudicar o estabelecimento da cultura desde os estádios iniciais até estágio de floração da cultura (Figura 1). AITA et al. (2001) afirma que o pousio invernal é o que menos contribui em fitomassa seca, além de permitir o estabelecimento de plantas invasoras que irão competir posteriormente com a cultura de interesse econômico.

Nos estádios de frutificação da soja (R3 e R4), não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Isso se deve principalmente ao fechamento do dossel por completo e o alto índice de área foliar (IAF) da cultura, culminando em baixa amplitude dos dados obtidos (Tabela 2). RISSO et al. (2012) destaca que uma das peculiaridades inerentes ao NDVI é a saturação assintótica, que torna o índice pouco sensível à detecção de variações de biomassa verde em condições de elevado IAF, corroborando com os dados encontrados neste trabalho.

Notou-se através da correlação simples de Pearson (Tabela 4) que os estádios apresentam correlação com pelo menos as duas últimas leituras feitas nos estádios anteriores a aquela, com exceção de R3, que apresentou correlação apenas com R1 (forte), além de V7 (fraca). Além disso, notou-se que os estádios do período vegetativo têm pouca correlação com os estádios reprodutivos posteriores da cultivar analisada.

TABELA 4. Correlação simples de Pearson entre os valores de NDVI em diferentes estádios de desenvolvimento da cultivar de soja BMX Vanguarda IPRO.

Estádios	V2	V4	V5	V7	V8	R1	R3	R4
V2	1	0,38*	0,39*	0,28*	0,24*	0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,08 ^{ns}
V4		1	0,94*	0,39*	0,27*	0,34*	-0,01 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
V5			1	0,50*	0,33*	0,46*	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}
V7				1	0,97*	0,37*	0,19*	0,15*
V8					1	0,25*	0,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}
R1						1	0,63*	0,41*
R3							1	0,76*
R4								1

* significativo em nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste t; ^{ns} não significativo.

CONCLUSÕES

O pico de verde da cultivar BMX Vanguarda IPRO ocorreu nos estádios de frutificação da cultura, em R3 e R4, diferindo do período de floração (R1) e os estádios vegetativos observados.

O tratamento ervilhaca mostrou ser o que mais favorece o arranque inicial da cultura da soja, devido ao maior NDVI observado a partir do estágio V2 até o estágio V8.

O pousio antecedendo a soja prejudica o estabelecimento da cultura desde o início dos estádios vegetativos (V2) até o florescimento da cultura (R1).

O índice de vegetação utilizado foi incapaz de distinguir os tratamentos a partir do ponto em que ocorre total fechamento do dossel da cultura da soja.

Houve correlação entre a leitura momentânea com a leitura anterior em todos os estádios em que foi analisado o NDVI da cultura, não havendo grandes correlações entre os dados obtidos nos estádios vegetativos e reprodutivos da cultura.

REFERÊNCIAS

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura do solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.157-165, 2001.

ARAÚJO, T.D.; ARRUDA, D.C.; RODRIGUES, B.D.; FONTANA, D.C. Comparação do perfil temporal do NDVI em lavouras de soja entre regiões do Maranhão e do Rio Grande do Sul. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia / V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento / XXV Exposicarta. **Anais...** Gramado: XXCI CBC / V CBG / XXV Exposicarta, 2014. p. 1-6.

ÁVILA, C. Da expectativa de direitos da Monsanto no Brasil sobre os pedidos de patentes da “tecnologia” Intacta RR2 PRO: Onde está de fato a Inovação? **PIDCC**, Aracaju, n.08, p.85-134, fev. 2015

BONJORNIO, I.I.; MARTINS, L.A.O.; LANA, M.A.; BITTENCOURT, H.H.; WILDNER, L.P.; PARIZOTTO, C.; FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; ALTIERI, M.A.; LOVATO, P.E. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v.5, n.2: p.99-108, 2010.

BRASMAX GENÉTICA. Disponível em: <<http://brasmaxgenetica.com.br/cultivar/regiao-sul/produto/10>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

CRUSIOL, L.G.T.; NEIVERTH, W.; RIO, A.; SIBALDELLI, R.N.R.; FERREIRA, L.C.; CARVALHO, J.F.; NEPUMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B. NDVI de estádios de desenvolvimento da soja BRS 284 em condições de campo. In: VIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 85-89.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353 p.

CONAB, Companhia Brasileira de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**, v.2 - Safra 2014/15, n. 9, Nono levantamento, jun. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2015.

FERREIRA, D.F.; FILHO, A.C.; LÚCIO, A.D. Procedimentos estatísticos em planejamentos experimentais com restrições na casualização. **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.3, p. 16-19, set./dez. 2012.

GROHS, D.S.; BREDEMEIER, C.; POLETTO, N.; MUNDSTOCK, C.M. Validação de modelo para predição do potencial produtivo de trigo com sensor óptico ativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.4, p.446-449, abr. 2011.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p.195-213, 2002.

JUNGES, A.H.; FONTANA, D.C. Avaliação do desenvolvimento das culturas de cereais de inverno no Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais do índice de vegetação por diferença normalizada. **Ciência Rural**, v.39, p.1-15, 2009.

MELO, R.W.; FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; DUCATI, J.R. An agrometeorological-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, p.4013-4028, 2008.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP, Editora Parentese, 2007. 126p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014, 124 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1516-8840; ???).

RISSO, J.; RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y.E.; FORMAGGIO, A.R.; EPIPHANIO, R.D.V. Índices de vegetação Modis aplicados na discriminação de áreas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1317-1326, set. 2012.

RODRIGUES, S.P.; FONTANA, D.C.; MORAES, O.L.L.; ROBERTI, D.R. NDVI e fluxo de CO₂ em lavoura de soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.1, p.95-104, 2013.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: III Earth Resources Technology Satellite Symposium. **Anais...** Washington: NASA, p.309-317.1973.

SANTI, A.L.; CORASSA, G.M.; BASSO, C.J.; SILVA, D.A.A.; DELLA FLORA, L.P.; FIORESI, D.; BARON, F.A.; MARTINI, R.; BRONDANI, M.S. Cobertura permanente, estrutura do solo e a garantia de altos rendimentos. **Revista Plantio Direto**, v.142/143, n.1, 2014.

SANTOS, J.S.; FONTANA, D.C.; SILVA, T.S.F.; RUDORFF, B.F.T. Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.54-63, 2014.

ZANZARINI, F.V.; PISSARRA, T.C.T.; BRANDÃO, F.J.L.; TEIXEIRA, D.D.B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.608–614, 2013.