

Relação entre eventos ENOS e desvios de NDVI e EVI do sensor MODIS em pastagens naturais no Rio Grande do Sul, Brasil

Amanda Heemann Junges¹

Carolina Bremm¹

Laura Pigatto Schaparini²

Denise Cybis Fontana²

¹Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO
Rua Gonçalves Dias, 570 - 90130-060 – Porto Alegre-RS, Brasil
{amanda-junges, carolina-bremm}@fepagro.rs.gov.br

²Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia-UFRGS
Caixa Postal 15100 - 91450-000 - Porto Alegre - RS, Brasil
laura_pigatto@yahoo.com.br, dfontana@ufrgs.br

Abstract. The aim of this study was to establish the pattern of influence of ENSO events on standard deviations of NDVI and EVI/MODIS on natural grasslands of Pampa Biome conducted in different grazing intensities. There were used images of vegetation index from MODIS, from January to December (2000-2013) and vectors of experimental units related to high, moderate and low grazing intensities of natural grassland area in Rio Grande do Sul. Mean values of vegetation index in the seasons were obtained and prepared box plots for identifying extreme values (mean $\pm$ 1 standard deviation). Years with extreme values were identified as La Niña, El Niño or Neutral. The results indicated that the mean values of NDVI and EVI in the seasons varied between 0.62 (winter) and 0.67 (fall) and between 0.35 (winter) and 0.40 (fall/summer), respectively, reflecting periods of higher and lower constraint to livestock production on natural grassland. There was no effect of grazing intensities on NDVI and EVI, but the interaction between season and ENSO event was observed. In the series analyzed, one to three extreme values of NDVI and EVI/MODIS occurred in the seasons. Negative influence of La Niña events on NDVI and EVI was observed in the spring-summer period, especially due to the occurrence of rainfall and minimum air temperatures below the mean. There was consistency between NDVI and EVI in identifying years with upper and lower standard deviations and both vegetation index could be used in monitoring the spatio-temporal dynamics of natural grasslands of the Pampa Biome.

Palavras-chave: grazing intensity, El Niño, La Niña, Pampa Biome, intensidade de pastejo, El Niño, La Niña, Bioma Pampa

1. Introdução

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala que se caracteriza pela variação das condições normais de temperatura da superfície do mar (TSM) e de pressão atmosférica no Oceano Pacífico Equatorial. Na fase quente, denominada El Niño, ocorre o aquecimento das águas (anomalias positivas de TSM) e, na fase fria, denominada La Niña, as anomalias de TSM são negativas. No Rio Grande do Sul, os principais efeitos associados a eventos ENOS ocorrem sobre a precipitação pluvial e a temperatura do ar (Berlato e Fontana, 2003). Em anos de El Niño, a precipitação pluvial é superior à média climatológica e, em anos de La Niña, abaixo da média, especialmente na primavera e início do verão (Berlato e Fontana, 2003; Puchalsky, 2000). Em relação às temperaturas do ar, o efeito dos eventos ENOS é maior sobre as temperaturas mínimas: em anos de ocorrência de La Niña, as temperaturas mínimas mensais são inferiores às registradas em anos neutros ou de El Niño, especialmente em outubro e novembro (Berlato e Fontana, 2003; Cordeiro e Berlato, 2009).

Os efeitos da ocorrência de eventos ENOS sobre a precipitação pluvial e a temperatura do ar podem ser associados à variabilidade interanual dos rendimentos das principais culturas agrícolas estabelecidas no Estado. De modo geral, as culturas não-irrigadas de primavera-verão (por exemplo, milho e soja) têm seu ciclo favorecido em anos de El Niño, dada menor probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica (Berlato et al., 2005; Alberto et al., 2006).

Para os cereais de estação fria (por exemplo, trigo e cevada), por sua vez, os maiores volumes de chuva registrados no início da primavera em anos de El Niño são desfavoráveis às culturas, dada diminuição do rendimento de grãos associada ao excesso de precipitação pluvial no florescimento, maturação fisiológica e colheita (Cunha et al., 1999; Alberto et al., 2006).

Além das culturas agrícolas, o Rio Grande do Sul destaca-se na produção pecuária, especialmente de bovinos e ovinos de corte, cuja base alimentar são as pastagens do Bioma Pampa. Anos de La Niña seriam desfavoráveis ao crescimento e acúmulo de biomassa em pastagens, compostas, em maior proporção, por espécies forrageiras subtropicais de ciclo estival (Cruz et al., 2010). Jacobsen et al. (2003), ao analisarem as alterações na vegetação do Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês, *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), apontaram que, especialmente nas macrorregiões ocupadas por campos, houve redução dos valores de NDVI nos meses de dezembro e janeiro, possivelmente devido à restrição ao crescimento das plantas em função da precipitação pluvial não suprir a demanda evaporativa da atmosfera no período.

Imagens de índices de vegetação NDVI e EVI (Índice de Vegetação Melhorado, do inglês, *Enhanced Vegetation Index* - EVI), proposto por Huete et al. (1997), do sensor MODIS (do inglês, *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) têm sido empregadas na caracterização dos padrões de resposta da cobertura vegetal decorrentes do ciclo fenológico das espécies forrageiras e dos eventos climáticos episódicos (Fontana et al., 2014, Wagner et al., 2013; Kuplich et al., 2013; Costa e Kuplich, 2011). Poucos são os estudos de monitoramento de pastagens naturais por índices de vegetação que abordam a influência do manejo adotado na produção pecuária, como por exemplo, da intensidade de pastejo. O objetivo deste trabalho foi relacionar os desvios de NDVI e EVI/MODIS em pastagens naturais conduzidas sob intensidades de pastejo alta, moderada e baixa, aos eventos ENOS no Rio Grande do Sul.

2. Metodologia de trabalho

O estudo foi realizado em área total de 64 ha de pastagem natural pertencente à Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA – UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul (30°05'27''S, 51°40'18''W e 46 m de altitude). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

O experimento tem sido conduzido desde 1986 com níveis fixos de oferta de forragem disponibilizados a bovinos ao longo do ano (4, 8, 12 e 16 kg de matéria seca (MS)/100 kg de peso vivo (PV), ou % PV), além de ofertas variáveis anualmente na estação primaveril (8-12, 12-8 e 16-12% PV). O método de pastejo é de lotação contínua com taxa de lotação variável (Mott & Lucas, 1952) para ajuste da oferta de forragem preconizada. Os animais experimentais utilizados são novilhas de corte, oriundas de cruzamentos entre as raças Angus, Hereford e Nelore, com peso vivo de $244,8 \pm 39,0$ kg, alocadas anualmente nas unidades experimentais (UEs). Neste estudo, as UEs foram demarcadas com uso de equipamento GPS (do inglês, *Global Positioning System*), de acordo com a delimitação dos píxeis das imagens do sensor MODIS, com 250 metros de resolução espacial. As UEs referentes às ofertas de forragem foram classificadas em três tratamentos nominais de intensidade de pastejo, de tal maneira que se obtivessem dois vetores de alta intensidade (UEs referentes à oferta 4%), três vetores de moderada intensidade (UEs referentes às ofertas 8%, 12%, 8-12% e 12-8%) e dois vetores de baixa intensidade de pastejo (UEs referentes às ofertas 16% e 16-12%).

As áreas experimentais conduzidas sob distintas intensidades de pastejo foram caracterizadas por meio da evolução temporal dos índices de vegetação NDVI e EVI. Para

isso, foram empregadas imagens provenientes do sensor MODIS (produto MOD13Q1, coleção 5) dos meses de janeiro a dezembro da série 2000 a 2013 (14 anos), configurando total de 319 imagens. As imagens de índices de vegetação do sensor MODIS correspondem à composição de máximo valor a cada 16 dias (resolução temporal) e são disponibilizadas gratuitamente no endereço eletrônico do programa EOS (do inglês, *Earth Observing System*). Neste trabalho, as imagens de índices de vegetação do sensor MODIS referentes ao Estado do Rio Grande do Sul foram obtidas junto ao Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia (LEAA) do Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM/UFRGS). Às imagens NDVI e EVI foram sobrepostos os vetores das áreas correspondentes às UEs de alta, moderada e baixa intensidade de pastejo para extração dos valores médios quinzenais de NDVI e EVI para cada tratamento e ano. Todo processamento das imagens foi realizado no programa computacional Envi 4.2.

Os valores médios de índice de vegetação para as estações do ano referiram-se à média de NDVI/EVI nas quinzenas correspondentes à estação do ano, considerando: primavera (setembro, outubro, novembro), verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio) e inverno (junho, julho e agosto). Com os dados médios de NDVI e EVI nas estações do ano e intensidades de pastejo foram elaborados diagramas de dispersão do tipo caixa (*Box plot*) ($n = 392$) para identificação de valores extremos. Foram considerados valores extremos de índice de vegetação aqueles correspondentes à média ± 1 desvio-padrão (DP). Os anos referentes aos valores extremos, superiores ou inferiores, foram identificados como La Niña, El Niño ou neutro. A identificação dos eventos baseou-se na classificação do NOAA (do inglês, *National Oceanic and Atmospheric Administration*), a qual considera o desvio de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ na TSM média (média móvel de 3 meses de anomalia na região do Niño 3.4, por no mínimo 5 meses) para identificação dos trimestres referentes às estações do ano (NOAA, 2014). Os dados de NDVI e EVI foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de significância, considerando os efeitos fixos de evento ENOS, estação do ano, intensidade de pastejo e suas interações, e efeitos aleatórios para ano e UEs. Foi utilizado o programa estatístico JMP (v.11).

3. Resultados e Discussão

Na série analisada, foi possível verificar que a distribuição dos valores de NDVI e EVI/MODIS nas áreas de pastagens naturais manejadas sob intensidades de pastejo alta, moderada e baixa foi semelhante ($P > 0,05$) nas estações do ano (Figura 1). Os valores médios ($\pm$ desvio padrão) de NDVI/MODIS foram $0,64 \pm 0,04$, $0,66 \pm 0,04$ e $0,63 \pm 0,04$ e de EVI/MODIS foram $0,38 \pm 0,04$, $0,40 \pm 0,04$ e $0,37 \pm 0,04$, respectivamente nas intensidades de pastejo alta, moderada e baixa.

Independente da intensidade de pastejo, os valores médios de NDVI/MODIS variaram entre 0,62 (inverno) e 0,67 (outono) (Tabela 1). Para EVI/MODIS, os valores médios variaram entre 0,35 (inverno) e 0,40 (verão e outono). Menores valores de NDVI e EVI ocorreram no inverno, quando a redução da radiação solar e da temperatura do ar diminui o acúmulo de biomassa verde e matéria seca pelas plantas, de maneira que o inverno é considerado o período de maior limitação à produção animal em pastagem nativa na região Sul do Brasil (Soares et al., 2005; Mezzalana et al., 2012).

Maiores valores médios de NDVI/MODIS ocorreram no outono. Para EVI/MODIS, os maiores valores ocorreram no verão, embora estes sejam semelhantes aos do outono. Kuplich et al. (2013), ao analisarem o padrão sazonal do campo nativo no Rio Grande do Sul por meio de imagens EVI/MODIS encontraram valores de EVI decrescentes do verão ao inverno e retomada do vigor vegetal na primavera. Neste trabalho, os maiores valores dos índices de vegetação no outono possivelmente estejam associados ao crescimento da vegetação decorrente do adequado suprimento hídrico, dada a menor demanda evapotranspirativa da

atmosfera, e ao início do crescimento e desenvolvimento das espécies forrageiras hibernais como *Piptochaetium montevidense* (Cruz et al., 2010).

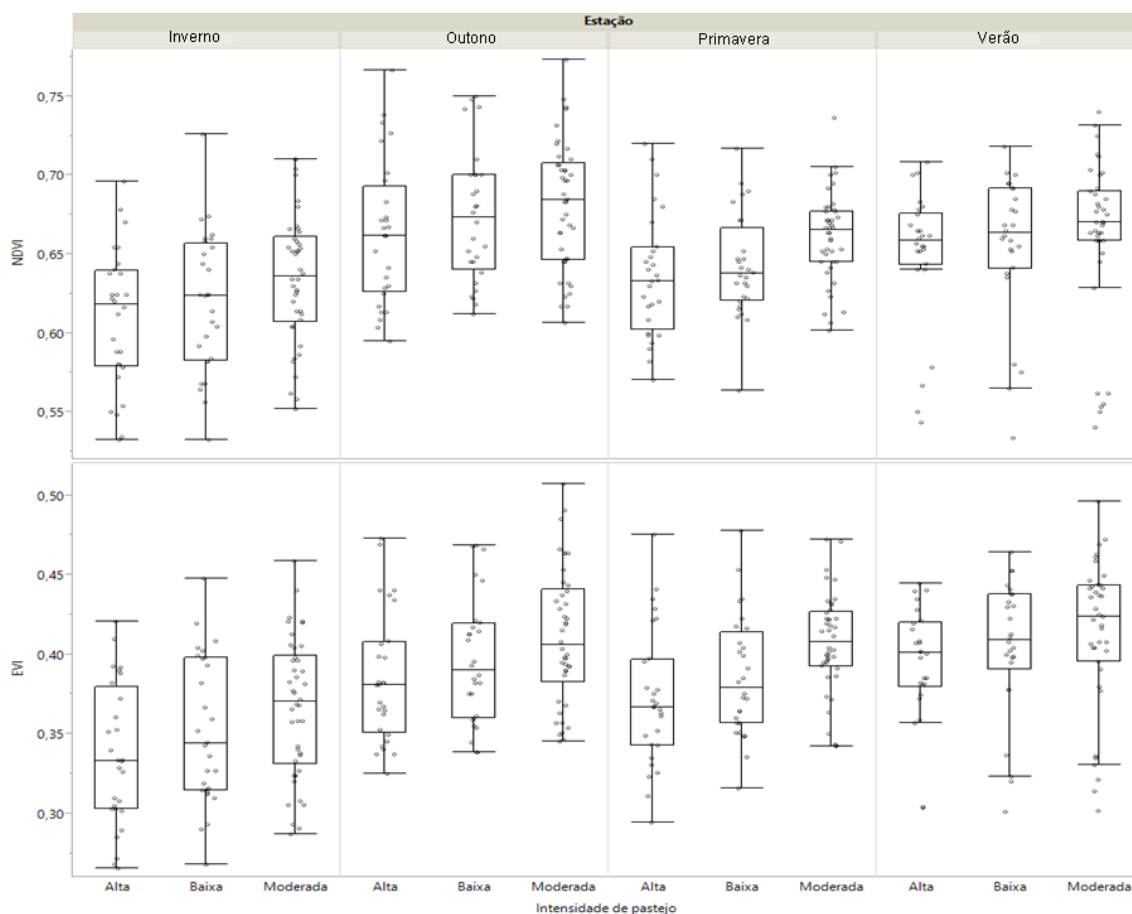


Figura 1. Distribuição dos valores (*Box plots*) de NDVI e EVI/MODIS nas intensidades de pastejo (alta, baixa e moderada) nas estações do ano em pastagem natural no Rio Grande do Sul. Série 2000 a 2013 (n = 392).

Na primavera e no verão os valores médios de NDVI foram semelhantes, no entanto, em termos de desvio-padrão, as estações apresentaram, respectivamente, o menor e o maior valor. Os resultados quanto a desvio-padrão foram semelhantes para EVI/MODIS. A menor variabilidade no acúmulo de biomassa verde na primavera, estação do ano em que os animais adquirem maior ganho de peso vivo, está associada à maior disponibilidade de alimento condicionada pelo rebrote das espécies forrageiras de ciclo estival (Neves et al., 2009). No verão, os maiores desvio-padrão de NDVI e EVI indicaram que essa é a estação de maior variabilidade interanual na disponibilidade de biomassa verde nas pastagens, o que pode ser associado à variabilidade da precipitação pluvial e da disponibilidade hídrica no verão no Estado. Wagner et al. (2013), empregando imagens NDVI e EVI/MODIS de 13 regiões do Bioma Pampa, distintas em termos de composição botânica e solos, verificaram que janeiro é o mês de maior variabilidade interanual dos valores dos índices, especialmente para NDVI.

Os resultados mostraram ausência de efeito das intensidades de pastejo ($P > 0,05$) sobre os valores de NDVI e EVI nas estações do ano, mas houve efeito da interação entre estação do ano e evento ENOS. Esse resultado indica que a variabilidade das condições meteorológicas é determinante do acúmulo de biomassa verde pelas espécies forrageiras, de modo que, dependendo da estação, um dos eventos (La Niña, El Niño ou neutro) afeta o valor médio de NDVI e EVI, porém este efeito foi similar para as três intensidades de pastejo estudadas.

Tabela 1. Média, desvio-padrão e valores máximos e mínimos de NDVI e EVI/MODIS de pastagens naturais do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul, nas estações do ano. Série 2000 a 2013.

	NDVI			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Máximo	0,740	0,773	0,726	0,737
Mínimo	0,533	0,595	0,532	0,563
Média	0,655b	0,672a	0,621c	0,646b
Desvio-padrão	0,047	0,039	0,036	0,024
	EVI			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Máximo	0,496	0,507	0,458	0,477
Mínimo	0,300	0,325	0,265	0,294
Média	0,404a	0,397ab	0,351c	0,388b
Desvio-padrão	0,040	0,037	0,037	0,026

Letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste Tukey ($P < 0,05$)

Na série analisada ocorreram entre um e três valores extremos superiores (desvio positivo, média +1DP) ou inferiores (desvio negativo, média -1DP) de NDVI e EVI/MODIS nas estações do ano (Tabela 2). No outono e inverno, ocorreram 2 anos (14,3%) com extremos superiores e dois com extremo inferiores de NDVI/MODIS e, para EVI/MODIS, 2 e 3 anos (21,4%) com extremos superiores e inferiores, respectivamente. Nos desvios negativos, os valores de NDVI e EVI foram, respectivamente, 9,3% e 13,7% inferiores à média. Na primavera houve maior número de ocorrências de desvios positivos de NDVI e EVI, comparativamente às demais estações do ano, e apenas um ano de desvio negativo (2011, La Niña) dos índices de vegetação. No verão, por sua vez, no ano 2002 (neutro) os valores de NDVI e EVI apresentaram valores superiores a um desvio-padrão em relação à média da série analisada. Dois dos 14 anos analisados (14,3%) foram considerados extremos inferiores, com valores de NDVI e EVI 14,6% e 20,0% abaixo da média, respectivamente.

Os resultados indicaram a influência negativa dos eventos La Niña sobre os valores de NDVI e EVI no período de primavera-verão especialmente em função da ocorrência de precipitação pluvial abaixo da média. Nestes anos, a ocorrência de deficiência hídrica pode ter ocasionado o menor acúmulo de biomassa pelas espécies forrageiras. Também é importante salientar que, em anos de La Niña, a maioria dos meses do ano apresenta anomalias negativas de temperatura do ar (até 1,5°C), especialmente em outubro e novembro (Berlato e Fontana, 2003). O crescimento das espécies forrageiras na primavera pode, então, ser prejudicado pelas menores temperaturas do ar em anos de La Niña, tal como indicaram os desvios negativos de NDVI e EVI na primavera de 2011.

Valores extremos inferiores de NDVI e EVI ocorreram na safra 2011/2012, caracterizada pela ocorrência de estiagens no Estado (Fepagro, 2014). Em estudo comparativo na mesma região, Fontana et al. (2014) verificaram menores valores de NDVI/MODIS nos perfis temporais das intensidades de pastejo alta, moderada e baixa em 2011/2012 (La Niña), comparativamente aos observados em 2009/2010 (El Niño), dada a diferença em termos de déficit hídrico no verão verificada nos anos avaliados: 247 mm e 133 mm, respectivamente. Cabe salientar que, embora caracterizado como El Niño, o verão de 2005 no Rio Grande do Sul também foi de estiagem no Estado, o que explica os baixos valores de NDVI (Fepagro, 2014). Resultado semelhante foi verificado por Kuplich et al. (2013), que observaram os mais baixos valores de EVI/MODIS nos anos 2004-2005, em relação ao restante da série analisada. Na área de estudo, a precipitação pluvial média (série histórica de 40 anos) é de 111 mm em

dezembro, 74 mm em janeiro e 77 mm em fevereiro, totalizando 262 mm no verão (Bergamaschi et al., 2014). No verão de 2004/2005 a precipitação pluvial foi de 152 mm (58% da média), com os meses de dezembro e janeiro registrando, respectivamente, 49 e 30 mm de chuva.

Tabela 2. Valores extremos (média $\pm$ 1 desvio-padrão) de índices de vegetação NDVI e EVI/MODIS em pastagens naturais do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul, com respectiva indicação do evento ENOS (El Niño, La Niña ou Neutro) atuante na estação do ano: verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio), inverno (junho, julho e agosto) e primavera (setembro, outubro e novembro). Série 2000 a 2013.

Estação	Valores extremos			
	NDVI		EVI	
	Inferiores (média-1DP)	Superiores (média+1DP)	Inferiores (média-1DP)	Superiores (média+1DP)
Verão (DJF)	Niña (2012) Niño (2005)	Neutro (2002)	Niña (2012) Niño (2005)	Neutro (2002)
Outono (MAM)	Neutro (2006*)	Neutro (2007)	Neutro (2012*)	Neutro (2007)
	Neutro (2012*)	Neutro (2002)	Neutro (2009*) Neutro (2006*)	Neutro (2002)
Inverno (JJA)	Neutro (2012) Niño (2009)	Neutro (2005) Niño (2002)	Neutro (2012) Niño (2009) Neutro (2011)	Niño (2002) Neutro (2007)
Primavera (SON)	Niña (2011)	Niño (2004) Neutro (2003) Niño (2002)	Niña (2011)	Neutro (2003) Niño (2002)

*Neutros precedidos de La Niña

Desvios positivos de índices de vegetação/MODIS (extremos superiores) na primavera-verão ocorreram tanto em anos neutros quanto em anos de El Niño. Extremos superiores de NDVI e EVI em anos de El Niño ocorreram especialmente na primavera. Este resultado já era esperado em função do efeito do evento sobre o incremento da precipitação pluvial ser maior em outubro e novembro, quando a anomalia positiva de precipitação pluvial no Estado é de 60 a 100 mm (Puchalsky, 2000). Fontana e Almeida (2002) também verificaram incremento no número de dias com precipitação pluvial em anos de El Niño, especialmente no mês de novembro.

No outono desvios positivos e negativos ocorreram em anos neutros. No entanto, os desvios negativos foram sempre registrados em outonos precedidos por verões classificados como La Niña. Desse modo, a redução dos valores de NDVI e EVI no outono pode estar associada ao menor desenvolvimento da vegetação no verão, demonstrando que o acúmulo de forragem no outono pode ser negativamente afetado pela deficiência hídrica ocorrida na estação anterior, o que possivelmente prejudica o rebrote das espécies forrageiras hibernais.

No inverno, desvios positivos e negativos ocorreram tanto em anos neutros quanto em anos de El Niño, não havendo, assim, um padrão claro de resposta da vegetação em termos de NDVI e EVI aos eventos ENOS. Esse resultado pode estar associado ao fato de que, no Estado, a maior influência dos eventos ENOS sobre a precipitação pluvial e temperaturas do ar ocorre na primavera e início do verão e não no período do inverno.

De modo geral, houve coerência entre os índices de vegetação avaliados, no sentido de que foram indicados os mesmos anos com desvios positivos ou negativos nas estações. Esse resultado indica que ambos índices detectaram alterações na biomassa verde presente na área estudada e podem ser empregados em estudos de monitoramento da dinâmica espaço-temporal de áreas de pastagens no Bioma Pampa.

4. Conclusões

A influência dos eventos ENOS sobre os desvios NDVI e EVI/MODIS em pastagens naturais do Rio Grande do Sul é similar entre as intensidades de pastejo alta, moderada e baixa.

Desvios negativos de NDVI e EVI/MODIS em pastagens naturais estão associados à ocorrência de La Niña, especialmente na primavera e no verão. Desvios positivos dos índices de vegetação ocorrem tanto em anos de El Niño quanto em anos neutros no Rio Grande do Sul.

De modo geral, há coerência entre NDVI e EVI/MODIS na identificação de anos com desvios positivos e negativos dos índices, de modo que ambos detectam alterações na biomassa verde de pastagens naturais do Bioma Pampa que podem ser relacionadas à ocorrência de eventos ENOS no Rio Grande do Sul.

Referências bibliográficas

Alberto, C. M., Streck, N.A., Heldwein, A., Buriol, G.A., Medeiros, S.L.P. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1067-1075, 2006.

Bergamaschi, H., Melo, R.W., Guadagnin, M.R., Cardoso, L.S., Silva, M.I.G., Comiran, F., Dalsin, F., Tessari, M.L., Brauner, P.C. Boletins agrometeorológicos da Estação Experimental Agronômica da UFRGS – Série histórica 1970-2012. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/joomla/files/EEA/Srie_Meteorolgica_da_EEA-UFRGS.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2014.

Berlato, M.A., Fontana, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 110 p.

Berlato, M.A., Farenzena, H., Fontana, D.C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.5, p.423-432, 2005.

Cordeiro, A.P.A., Berlato, M.A. Frequência da temperatura mínima do ar associada a eventos El Niño, La Niña e neutros no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBA, 2009. CD-ROM, On-line. Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2009/cba2009/410.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2014.

Costa, B.S.C., Kuplich, T.M. Análise da dinâmica de vegetação campestre em série temporal de índice de vegetação e dados meteorológicos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p.5638-5645. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00056-0. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.14.14.09/doc/p1045.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

Cruz, P., Quadros, F.L.F., Theau, J.P., Frizzo, A., Jouany, C., Duru, M., Carvalho, P.C.F. Laaf traits as functional descriptors of the intensity of continuous grazing in native grasslands in the South of Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v.63, n.3, p.350-358. 2010.

Cunha, G. R., Dalmago, G.A., Estefanel, V. Enso influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p.127-138, 1999.

Fepagro – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Centro Estadual de Meteorologia. Nota técnica nº5: Estudo comparativo das estiagens: 2004/2005 e 2011/2012. Disponível em: http://www.cemet.rs.gov.br/upload/20120123163417nt_05_cemetrs.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2014.

Fontana, D.C., Almeida, T. S. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.1, p.135-145, 2002.

Fontana, D.C.; Pigatto, L.; Wagner, A.P.L.; Bremm, C.; Junges, A.H.; Carvalho, P.C.F. Associação entre índices de vegetação e condições hídricas em pastagens naturais do bioma Pampa no Rio Grande do Sul. In: Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología y Reunión Argentina de Agrometeorología, 15., 2014. **Anais...Piriápolis, AADA**, 2014.

Huete, A., Liu, H.Q., Batchily, K., Leween, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.59, p.440-451, 1997.

Jacóbsen, L.O., Fontana, D.C., Shimabukuro, Y.E. Alterações na vegetação em macrozonas do Rio Grande do Sul associados a eventos El Niño e La Niña, usando imagens NOAA. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.2, p.361-374, 2003.

Kuplich, T.M., Moreira, A., Fontana, D.C. Série temporal de índice de vegetação sobre diferentes tipologias vegetais no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1116-1123, 2013.

Mezzalira, J.C., Carvalho, P.C.F., Da Trindade, J.K., Bremm, C., Fonseca, L., Amaral, M.F., Reffatti, M.V. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. **Ciência Rural**, v.42, n.7, p.1264-1270, 2012.

Mott, G.O., Lucas, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: Internation Grassland Congress, 6., 1952. **Proceedings...**Pensylvania, State College Press, p.1380-1395. 1952.

Neves, F.P., Carvalho, P.C.F., Nabinger, C., Jacques, A.V.A., Carassai, I.J., Tentardini, F. Estratégias de manejo da oferta de forragem para recria de novilhas em pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1532-1542, 2009.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Cold and warm episodes by seasons. Disponível em:<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 20 jul.2014.

Ponzoni, F.J. Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P.R; Netto, J.S.M. **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Universidade Brasília, 2001. cap. 5, p.157-199.

Puchalsky, 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**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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 Symposium, 3., 1973, Washington. **Proceedings...**Washington: NASA, 1973, p.309-317.

Soares, A.B., Carvalho, P.C.F., Nabinger, C., Semmelmann, C., Da Trindade, J.K., Thércio, E.G., Freitas, S. Pinto, C.E., Fontoura Júnior, J.A., Frizzo, A. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1148-1154, 2005.

Wagner, A. P. L., Fontana, D. C, Fraize, C., Weber, E., Hasenack, H. Tendências temporais de índices de vegetação nos campos do Pampa do Brasil e do Uruguai. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.9, p.1192-1200, 2013.