



CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DO OCEANO PACÍFICO EQUATORIAL, VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E NDVI NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

ANA PAULA A. CORDEIRO¹, MOACIR A. BERLATO², DENISE C. FONTANA²,
YOSIO E. SHIMABUKURO³

1 Eng. Agr., Doutoranda no PPG Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre – RS, Fone: (0xx51) 3308-6571, apacufgrs@yahoo.com.br.

2 Eng. Agr., Prof. Dr., Depto. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre – RS.

3 Eng. Florestal, Dr., Pesquisador Titular, Divisão de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos – SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Eventos Benedito Nunes, Belém- PA.

RESUMO: anomalias na temperatura da maior bacia oceânica (Oceano Pacífico equatorial) estão associadas ao fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul), que influencia as precipitações e a temperatura do ar, em diversas partes do Globo. Nesse Oceano, a região do Niño 3.4 é a que tem mostrado a melhor associação entre a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e a variabilidade climática no Rio Grande do Sul. Por sua vez, o clima junto a características de solo e relevo, determina a cobertura vegetal de uma região. Buscou-se estudar a relação da TSM do Niño 3.4 e do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) com as variáveis meteorológicas (precipitação pluvial, insolação e temperaturas do ar, mínima, média e máxima), bem como a relação da TSM com o NDVI do Rio Grande do Sul. Para tal utilizaram-se as anomalias padrozinadas (pelos desvios padrões) em relação ao período de 1982-2008, dos dados anuais e estacionais de TSM, das variáveis meteorológicas e do NDVI do AVHRR-NOAA. A TSM está associada às variáveis meteorológicas estudadas, em diferentes épocas do ano. A precipitação pluvial está relacionada ao NDVI apenas no verão, enquanto que no inverno a relação do NDVI é maior com as temperaturas.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação pluvial, insolação, ENOS.

CORRELATION BETWEEN THE SEA SURFACE TEMPERATURE OF THE PACIFIC OCEAN AND METEOROLOGICAL VARIABLES AND NDVI OF THE RIO GRANDE DO SUL STATE

ABSTRACT: temperature anomalies in the largest ocean basin (Pacific Ocean) are associated with the ENSO (El Niño Southern Oscillation), which influences precipitation and air temperature in different parts of the Globe. In this Ocean, the Niño 3.4 region is the one that has shown the best association between Sea Surface Temperature (SST) and climate variability in the Rio Grande do Sul state. In turn, the climate along the characteristics of soil and relief determine the vegetation cover of a region. The links of the Niño 3.4 SST and





NDVI with the meteorological variables (precipitation, sunshine duration and air temperatures, minimum, average and maximum) and the relationship of the SST with NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) in the Rio Grande do Sul state were analysed in this study, using annual and seasonal data from anomalies standard (by standard deviation) over the period 1982-2008, of the SST, meteorological variables and NDVI of NOAA-AVHRR. The SST is associated with meteorological variables studied, in different seasons. Precipitation is related to the NDVI of Rio Grande do Sul state only in summer, while in winter the relationship of NDVI is greater with the temperatures.

KEYWORDS: precipitation, sunshine duration, ENSO.

INTRODUÇÃO

Grande parte da variabilidade da atmosfera está correlacionada com as anomalias da TSM, especialmente dos oceanos tropicais. É sabido que a grande fonte de anomalia da TSM está na região do Oceano Pacífico equatorial, onde ocorrem os fenômenos El Niño e La Niña, e que esses fenômenos influenciam as variáveis meteorológicas, especialmente precipitação pluvial e temperatura em diversas partes do Globo, inclusive no Rio Grande do Sul (Berlato & Fontana, 2003). Segundo Trenberth (1997) a anomalia da TSM da chamada região do Niño 3.4 no Pacífico equatorial central é a que melhor está associada à variabilidade climática em diversas regiões. Utilizando produtos de sensoriamento remoto, como o NDVI, que permitem o monitoramento da vegetação e de sua dinâmica, Jacóbsen *et al.* (2004) avaliaram os efeitos de El Niño e La Niña sobre a cobertura vegetal do Rio Grande do Sul. Os autores concluíram que parte da variabilidade interanual do padrão de evolução do NDVI está associada à ocorrência desses fenômenos, como consequência, principalmente, dos seus efeitos sobre a precipitação pluvial do Estado. Marques *et al.* (2005) analisando, espacialmente, a relação entre a TSM e NDVI, no período de 1982 a 1999, verificaram que as correlações são maiores e positivas nos meses de dezembro e janeiro na maior parte do Rio Grande do Sul, e também constataram que a anomalia de NDVI no mês de janeiro é influenciada positivamente pela anomalia de TSM no Niño 3.4 do mês de novembro anterior. O presente trabalho objetivou estudar a relação da TSM do Niño 3.4 e do NDVI com as variáveis meteorológicas (precipitação pluvial, insolação e temperaturas do ar, mínima, média e máxima), bem como a relação da TSM com o NDVI do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é o Estado do Rio Grande do Sul, situado no extremo meridional do Brasil (aproximadamente entre 27 e 34° Sul; e, 50 e 57° Oeste). Segundo Köppen (1948) o clima predominante é o tipo Cfa, e em regiões de maior altitude, como a Serra do Nordeste, os Campos de Cima da Serra e a Serra do Sudeste, é do tipo Cfb. Os dados de TSM da região do Niño 3.4 do Oceano Pacífico foram obtidos no site (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/nina34.data>). Os dados meteorológicos de precipitação pluvial total (mm), insolação total (h) e valores médios de temperaturas do ar mínima, média e máxima (°C) foram obtidos junto ao 8° Distrito de Meteorologia do Instituto





Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) para 14 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul (Iraí, São Luiz Gonzaga, Uruguaiana, Bagé, Passo Fundo, Cruz Alta, Porto Alegre, Santa Maria, Encruzilhada do Sul, Caxias do Sul, Bom Jesus, Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar). Para analisar a cobertura vegetal foram utilizadas imagens de NDVI, do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) a bordo dos satélites da série NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), fornecidas pelo grupo de estudo GIMMS (*Global Inventory Modeling and Mapping Studies*) da NASA, com resolução espacial de 8 x 8 Km. Para todos os dados foram calculadas as anomalias padronizadas (pelos desvios padrões), em relação ao período de 1982 a 2008. As séries temporais de anomalias padronizadas, anuais e estacionais, foram correlacionadas e a significância estatística testada pelo Teste T-Student, ao nível de probabilidade de 5%. Por fim, foram traçados gráficos com algumas das relações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TSM da região do Niño 3.4 do Oceano Pacífico está associada à precipitação pluvial anual, no inverno, primavera e verão no Rio Grande do Sul, como pode ser verificado através das correlações, estatisticamente significativas (Tabela 1). Este resultado é coerente com os obtidos por Berlato *et al.* (2007), que já haviam mostrado que a TSM dessa região está associada à precipitação pluvial anual no Rio Grande do Sul, analisando o período de 1950 a 2002, com desvios padronizados pelo desvio padrão, relativos à normal 1971-2000.

O presente trabalho foi além, verificando que a TSM também está associada à insolação (duração do brilho solar) na primavera, verão e outono. Porém, as correlações são negativas. Fato coerente, pois sendo, as correlações da TSM com a precipitação pluvial, positivas, o que indica que menor ou maior TSM estão associadas a menor ou maior precipitação pluvial, respectivamente, é de se esperar, que haja maior insolação no primeiro caso e menor insolação, no segundo. Lembrando que maior ou menor insolação está diretamente relacionada a menor ou maior nebulosidade.

As correlações da TSM, tanto com a precipitação pluvial, quanto com a insolação, são maiores na primavera e verão. Períodos já apontados por Lopes & Berlato (2003) e Berlato & Fontana (2003), como sendo os de maior influência do El Niño e La Niña no Rio Grande do Sul (outubro a dezembro), especialmente no que se refere à precipitação pluvial.

No inverno as correlações da TSM com a temperatura do ar (mínima, média e máxima) são positivas, indicando que menor ou maior TSM, se reflete em menor ou maior temperatura do ar no Rio Grande do Sul.

A TSM ainda está associada à temperatura mínima do ar de forma positiva, no caso anual. Diniz (2002) também encontrou correlações positivas entre a TSM, abrangendo esta região do Pacífico no mês de junho, associada à temperatura mínima do ar em julho, em duas regiões homogêneas quanto à temperatura, que ocupam a maior parte do Rio Grande do Sul. Em análises mensais e bimestrais, Lopes & Berlato (2003) encontraram correlações positivas entre a TSM da região do Niño 3.4 e a temperatura mínima para a maioria das 37 estações meteorológicas analisadas na primavera e início de verão, e no outono e início de inverno.

A TSM também está associada com a temperatura máxima do ar, de forma negativa no verão. Portanto, quando há aumento da TSM da região em estudo (El Niño), em





aproximadamente 1/3 das vezes isto está associado a dias mais frios no verão, provavelmente devido a maior nebulosidade.

Embora a maior correlação entre a TSM e o NDVI no Rio Grande do Sul ocorrer no verão, semelhante ao encontrado por Marques *et al.* (2005), esta não é estatisticamente significativa a 5%.

A correlação entre precipitação pluvial e NDVI é positiva e significativa no verão, que é quando as plantas respondem mais à disponibilidade hídrica, pela maior demanda evaporativa. Jacobsen *et al.* (2004) verificaram que o maior impacto do El Niño e La Niña sobre o NDVI no Rio Grande do Sul ocorre nos meses de novembro a fevereiro (final da primavera e verão), e que em anos de El Niño, em função do aumento da precipitação pluvial no Estado, ocorrem conseqüentes anomalias positivas de NDVI. A insolação teve correlação maior com NDVI também no verão, porém não significativa a 5%.

A temperatura mínima, média e máxima do ar estão correlacionadas de forma positiva (e estatisticamente significativa) com o NDVI do Estado no inverno. Menor temperatura nesta época do ano, em que as temperaturas já são baixas, se reflete em menor NDVI. No inverno também são verificadas as maiores correlações para as três temperaturas. As correlações negativas no caso anual, no verão e no outono, indicam que anomalias positivas na temperatura máxima do ar estão associadas a anomalias negativas de NDVI no Estado, possivelmente em função do aumento da demanda evaporativa da atmosfera (Tabela 1).

Tabela 1. Correlações, anuais e estacionais, das anomalias da TSM da região do Nino 3.4 do Oceano Pacífico com as anomalias das variáveis meteorológicas e do NDVI no Rio Grande do Sul, período 1982-2008. * estatisticamente significativa a 5% de probabilidade.

Correlações	anual	verão	outono	inverno	primavera
TSM x precipitação pluvial	0,42*	0,54*	0,29	0,34*	0,49*
TSM x insolação	-0,26	-0,45*	-0,34*	-0,10	-0,45*
TSM x temp. mínima	0,37*	0,18	0,22	0,40*	0,28
TSM x temp. média	0,26	-0,07	0,01	0,39*	0,17
TSM x temp. máxima	0,09	-0,32*	-0,20	0,34*	-0,02
TSM x NDVI	-0,13	0,28	-0,02	0,08	-0,11
Precipitação pluvial x NDVI	0,19	0,32*	0,14	-0,08	0,24
Insolação x NDVI	-0,13	-0,31	-0,12	0,27	0,06
Temp. mínima x NDVI	-0,16	0,02	-0,20	0,47*	-0,20
Temp. média x NDVI	-0,33*	-0,27	-0,37*	0,51*	-0,29
Temp. máxima x NDVI	-0,38*	-0,50*	-0,42*	0,51*	-0,31



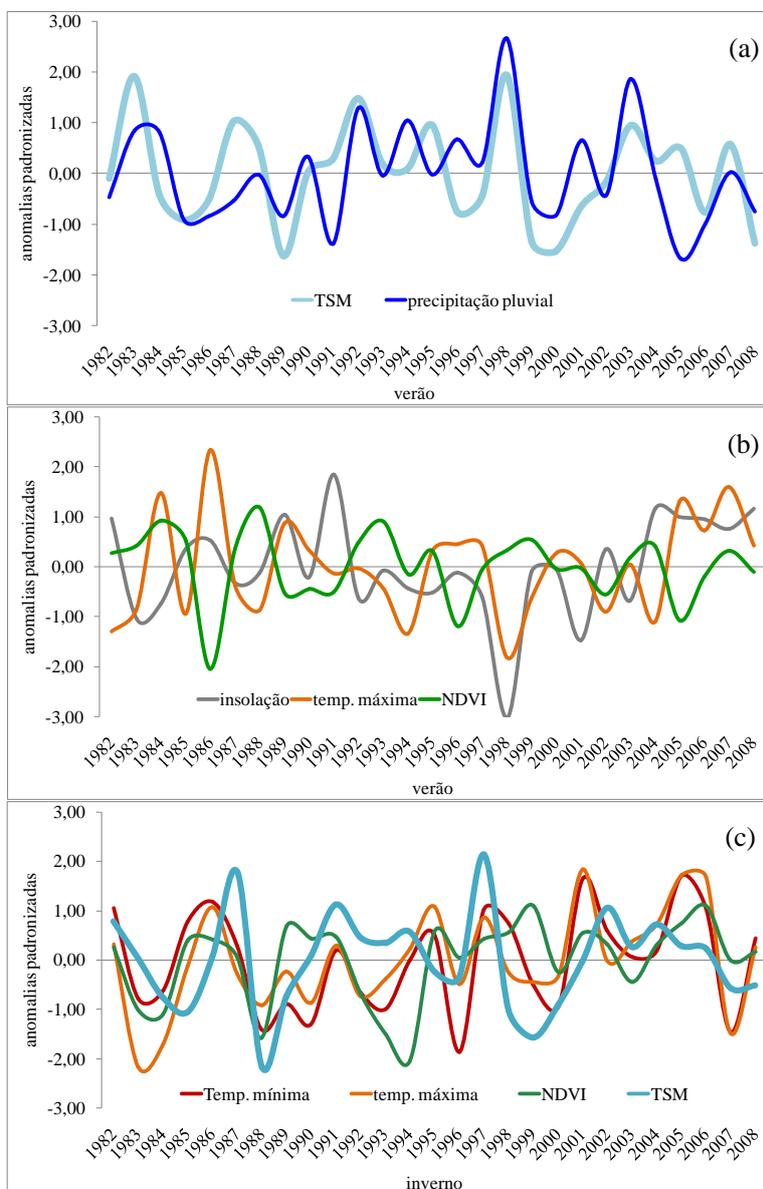


FIGURA 1. Anomalias padronizadas de (a) TSM, NDVI, e precipitação pluvial no verão; (b) insolação e temperatura máxima no verão; e, (c) temperatura mínima e máxima no inverno. Período de 1982 a 2008, Rio Grande do Sul.

Pode-se visualizar que o transcurso interanual da precipitação pluvial acompanha o transcurso da TSM (Figura 1a). Com relação à insolação e à temperatura máxima observa-se, um rebatimento destas curvas (Figura 1b). Nos anos em que a TSM é alta, em geral, há anomalias positivas da precipitação pluvial, e conseqüentemente, anomalias negativas na insolação e na temperatura máxima do ar, provavelmente, devido ao aumento da nebulosidade. Isto fica evidente nos verões de 1983 e 1998, classificados como os El Niños mais intensos da segunda metade do século XX. No verão, a maior correlação do NDVI foi com a temperatura máxima (-0,5). O sinal negativo justifica o padrão rebatido da curva de



NDVI. No inverno, a relação da TSM e do NDVI é maior com as temperaturas. Na Figura 1c, observa-se que nos invernos com temperaturas menores há, em geral, menor NDVI médio no Estado.

CONCLUSÕES

A TSM da região do Niño 3.4 está associada às variáveis meteorológicas estudadas (precipitação pluvial, insolação e temperaturas do ar, mínima, média e máxima), em diferentes épocas do ano. A precipitação pluvial está relacionada ao NDVI do Rio Grande do Sul apenas no verão, enquanto que no inverno a relação do NDVI é maior com as temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERLATO, M. A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 110p.

BERLATO, M. A. *et al.* Tendência observada da precipitação pluvial anual e estacional do Estado do Rio Grande do Sul e relação com a temperatura da superfície do mar do Oceano Pacífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XV, 2007, Aracaju, **Anais...**Campinas: CBAGRO, 2007. CD-ROM.

DINIZ, G. B. **Preditores visando a obtenção de um modelo de previsão climática de temperaturas máxima e mínima para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 167 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia, Área de concentração em Agrometeorologia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2002.

JACOBSEN, L. O.; FONTANA, D. C.; SHIMABUKURO, Y. E. Efeitos associados a El Niño e La Niña na vegetação do Estado do Rio Grande do Sul, observados através do NDVI/NOAA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 19, n.2, p. 129-140, 2004.

KÖPPEN, W. **Climatología**. México, DF : Fondo de Cultura Económica, 1948. 71 p.

LOPES, F.; BERLATO, M.A. Relações entre a temperatura da superfície do mar da região do Niño 3.4 e a temperatura média mínima do estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria, **Anais...**Santa Maria: SBA, 2003.

MARQUES, J. R.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W. de. Estudo da correlação entre a temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico e o NDVI, no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4., p. 520-526, 2005.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, n.12, p.2771-2777, 1997.

