

Análise de tendências em séries temporais de dados meteorológicos e dados de sensoriamento remoto orbital em áreas de vegetação campestre natural do bioma Pampa, localizadas na Depressão Central do RS

Fernando Comerlato Scottá¹
Eliana Lima da Fonseca¹

Centro Estadual de Pesquisas de Sensoriamento Remoto e Meteorologia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEPARM/UFRGS
Caixa Postal 15044 - CEP91501-970 - Porto Alegre – RS, Brasil
fcscotta@gmail.com
eliana.fonseca@ufrgs.br

Abstract: This work aims at checking for trends in time series of meteorological and remote sensing data in areas of natural grassland, located in Depressão Central, RS. The analyzed period was from 04/01/1998 until 12/21/2011. This study used ten-day period averages of minimum, mean and maximum air temperature data, ten-day period of accumulated rainfall and ten-day period of accumulated evapotranspiration data provided by an automatic weather station, located in Eldorado do Sul-RS (30°06'20"S, 51°41'10"W). Blue, red, near infrared and mid-infrared bands and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of Vegetation sensor was used. Six areas of native grassland were identified to be analyzed by the Vegetation sensor. Plots were constructed to show the dispersion and linear trend line using Sigmaplot 10.0 software. Correlation analyzes with a ten-day period lag between the meteorological data and the Vegetation sensor was performed. The accumulated rainfall was the only element of climate that tended to increase. The other meteorological data showed stability during the analyzed period. For the Vegetation sensor data, the most sensitive bands to changes in the amount of water in the canopy, as the mid-infrared and red bands, showed negative trend. This result is consistent with the increased cumulative rainfall. In correlation analyzes with a ten-day period lag, the band near infrared and NDVI showed higher correlation coefficient with the meteorological data.

Palavras-chave: SPOT Vegetation, correlação, mudanças climáticas, bandas espectrais, NDVI

1. Introdução

Com o aumento da concentração de dióxido de carbono, aumento da temperatura e outras mudanças nos elementos do clima (IPCC, 2007), a alteração da dinâmica do crescimento da vegetação e acúmulo de biomassa do planeta é esperada. Apesar disso, o impacto da mudança climática no sistema terrestre ainda não é totalmente compreendido (IPCC, 2007).

O bioma Pampa, localizado no sul do Rio Grande do Sul, possui como característica principal a vegetação campestre, também possuindo áreas de vegetação arbustiva e formações florestais (OVERBECK et al., 2007). Sua biodiversidade é considerada alta, estando na ordem de 2200 espécies vegetais (BOLDRINI, 2009).

Uma das principais atividades econômicas nesse bioma é a agropecuária, ocupando as regiões da Fronteira Oeste, Sul e Campanha a maior concentração de rebanho do Rio Grande do Sul, de 24,2%, 12,7% e 10,7%, respectivamente (ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL, 2010). A vegetação campestre natural é fundamental para a agropecuária, pois é fonte de alimento para os animais, fazendo com que o sistema produtivo seja dependente da produção vegetal. Apesar disso, existem poucos estudos que analisam a variação da produção vegetal de espécies nativas do bioma Pampa com a variação do clima do Rio Grande do Sul.

O objetivo desse trabalho é verificar a existência de tendências em séries temporais de dados meteorológicos e dados de sensoriamento remoto orbital em áreas de vegetação campestre natural do bioma Pampa, localizadas na Depressão Central do RS.

2. Metodologia de Trabalho

Dois conjuntos de dados foram utilizados: dados climatológicos e dados de sensoriamento remoto orbital para o período de 01/04/1998 até 21/12/2011. Áreas de vegetação campestre natural na Depressão Central do Rio Grande do Sul foram analisadas.

Os dados climatológicos foram coletados por uma estação meteorológica automática, instalada na área física na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), em Eldorado do Sul-RS (30°06'20''S, 51°41'10''O). Para esse trabalho, foram utilizados os dados decendiais de temperatura do ar (mínima, média e máxima), precipitação pluvial acumulada e evapotranspiração acumulada.

Os dados de sensoriamento remoto orbital que foram utilizados são do satélite SPOT4 e SPOT5, sendo utilizado os instrumentos Vegetation 1 e 2, respectivamente. Esses dados são contínuos desde abril de 1998, possuindo resolução espacial de 1000 metros. Foram utilizadas as bandas do azul, vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio e também dados do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O produto que foi utilizado neste trabalho é o VGT-S 10, na qual consiste em uma síntese de 10 dias baseado no critério de máximo valor. Para compor a série temporal de imagens, foram utilizadas 495 imagens. Os dados do sensor Vegetation foram adquiridos gratuitamente no endereço eletrônico <http://free.vgt.vito.be/>.

Foram realizados dois trabalhos de campo, em de 16 de dezembro de 2011 e 29 de junho de 2012. Foram identificadas oito áreas de campo nativo no município de Rio Pardo, maiores que 1000x1000 metros. Para saber o histórico das áreas, foram adquiridas imagens do satélite Landsat 5 do período de 10/09/1997 a 04/11/2011, totalizando 62 cenas. Essa análise não foi possível de ser feita com as imagens do sensor Vegetation em virtude da baixa resolução espacial desse sensor. A partir de uma análise visual das imagens Landsat 5, duas áreas foram excluídas por apresentarem mudanças no uso da terra durante o período analisado. Para as outras seis áreas, não foi identificada nenhuma alteração do uso da terra, sendo selecionadas para compor a série temporal de dados de sensoriamento remoto. A localização das áreas analisadas pode ser visualizada na Figura 1.

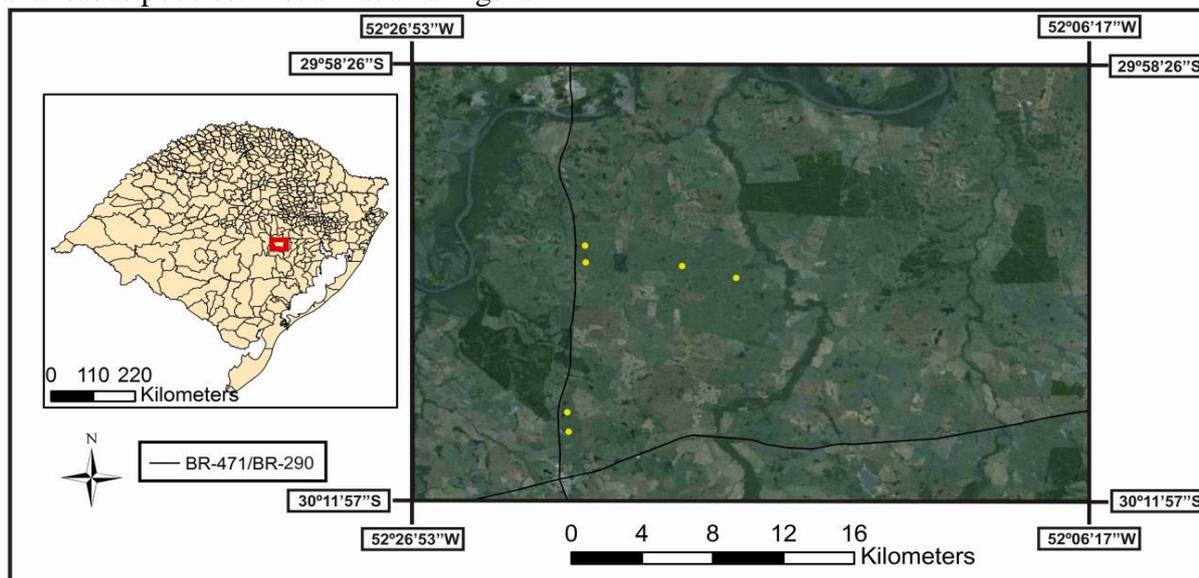


Figura 1. Localização das áreas de vegetação campestre no município de Rio Pardo. A figura da direita apresenta as seis áreas (pixels) que foram selecionadas para análise em amarelo.

Os dados adquiridos do sensor Vegetation são disponibilizados em formato RAR (Roshal ARchive) e foram descompactados utilizando o aplicativo VGTEExtract versão 1.4.1, que converte as imagens para o formato nativo do aplicativo Envi. Utilizando o aplicativo

Envi, versão 4.5, foi feita a extração dos dados de reflectância das bandas do azul, vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio e do NDVI para todo o conjunto de imagens analisado. Esses dados foram exportados para um aplicativo de planilha eletrônica, onde foram analisados.

Posteriormente, foi realizado o cálculo de média os valores de reflectância das seis áreas extraídas no aplicativo Microsoft Office Excel 2010. Gráficos dos dados climatológicos, reflectância das bandas e NDVI com a linha de tendência foram criados no aplicativo SigmaPlot 10.0. Utilizou-se todo o período de dados nos gráficos, ou seja, de 01/04/1998 até 21/12/2011. Análises de correlação com um decêndio de defasagem entre os dados meteorológicos e os dados do sensor Vegetation foram realizadas.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise das Tendências

Os gráficos utilizados para análise de tendência na série temporal de dados meteorológicos são apresentados na Figura 2. Verificou-se que os valores decendias mínimo, máximo e médio da temperatura do ar apresentam coeficiente angular negativo e idêntico (-0,002), mostrando um comportamento similar. Tendências semelhantes da temperatura mínima e média do ar foram encontradas por Scottá e Fonseca (2012) para dados mensais nos anos de 1970 a 2011 coletados pela mesma estação meteorológica. Entretanto, Scottá e Fonseca (2012) encontraram coeficiente angular positivo (0,0006) para a temperatura máxima, diferindo com o resultado encontrado nesse trabalho. Assim, conclui-se que as temperaturas do ar apresentaram estabilidade entre 04/1998 até 12/2011.

Os valores decendiais da precipitação pluvial apresentaram tendência linear positiva, com o coeficiente angular de 0,13. Para o período de 1970 a 2011, Scottá e Fonseca (2012) também encontraram tendência positiva, mas o coeficiente angular verificado foi de 0,063, havendo um incremento da precipitação pluvial acumulada nessa área. Para a evapotranspiração, o coeficiente angular encontrado foi de pequena magnitude (0,0005), apresentando estabilidade durante o período analisado.

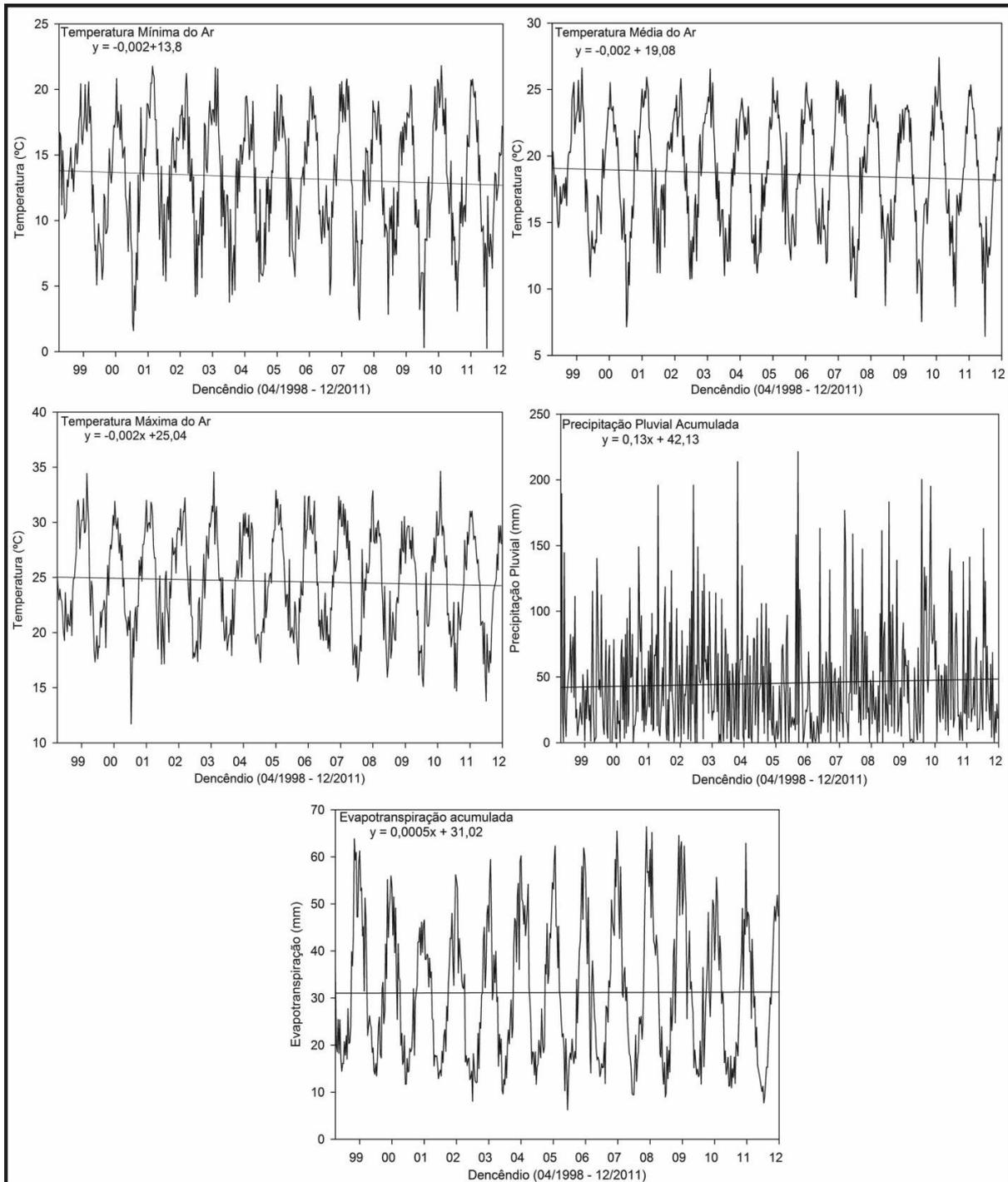


Figura 2. Gráficos com tendências dos dados meteorológicos.

A Figura 3 apresenta os gráficos com as tendências dos valores de reflectância das bandas analisadas e do NDVI. Nas bandas do visível, a banda do azul apresentou tendência de $+0,00001$, enquanto a banda do vermelho $-0,00001$. Como a região do vermelho é mais sensível a desidratação das folhas nas regiões do visível e infravermelho próximo (SUPLICK-PLOENSE, ALSHAMMARY, QIAN, 2011; CARTER, 1993), o incremento da precipitação pluvial acumulada ocorrido no final da série temporal pode ter levado as áreas de campo nativo a apresentarem períodos de desidratação das folhas com menor tempo de duração e também com menor intensidade, diminuindo os valores de reflectância.

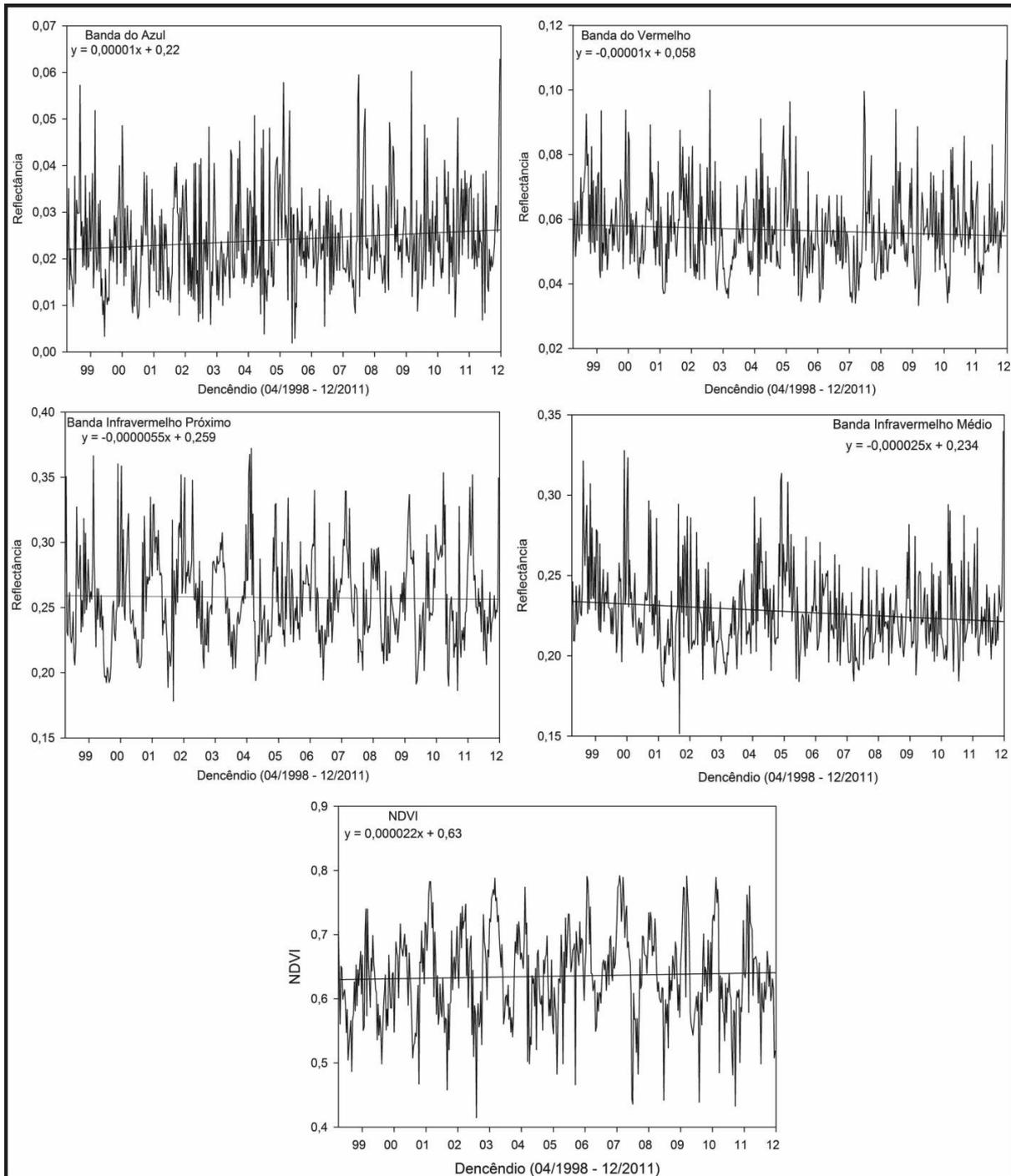


Figura 3. Gráficos com tendências do sensor Vegetation.

A banda do infravermelho próximo apresentou coeficiente angular negativo(-0,0000055), apresentando estabilidade durante o período analisado. Para o infravermelho médio, foi encontrada tendência negativa de -0,000025. Como os valores de reflectância são reduzidos pela presença de água no dossel (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010), uma possível causa para essa diminuição na tendência seria em função do incremento de precipitação pluvial acumulada que ocorreu nos últimos anos.

O NDVI apresentou tendência positiva, com coeficiente angular de +0,000022. A tendência do NDVI nesse trabalho é diferente da verificada por Wagner et al (2011) com o sensor MODIS para o período de 2000 a 2009 na Depressão Central, que apresenta uma tendência negativa de -0,000011. Uma possível razão para essa diferença seria as distintas

resoluções de cada sensor ou pelas diferentes áreas de campo nativo analisadas em cada trabalho, que podem ter apresentado diferente crescimento em função das condições meteorológicas. Outra possível causa seria a diferença dos anos analisados, enquanto o trabalho de Wagner et al (2011) analisou o período 2000 a 2009, este trabalho analisou o período de abril de 1998 até dezembro de 2011.

3.2 Análises de Correlação

As análises de correlação com um decêndio de defasagem são apresentadas na Tabela 1, com intervalo de confiança de 95%. Para a banda do azul, apenas a Evapotranspiração acumulada apresentou correlação significativa. Na banda do vermelho, as temperaturas do ar apresentaram correlações negativas e significativas. Para a precipitação pluvial acumulada e evapotranspiração acumulada, os valores do coeficiente de correlação não foram significativos.

Tabela 1. Correlações com defasagem de um decêndio dos dados meteorológicos e do sensor Vegetation. O asterisco mostra as correlações que foram significativas a 95%.

	Temp. Min.	Temp. Med.	Temp. Max.	Prec. Pluvial	Evapot.
Azul	-0,025	-0,02	-0,021	-0,088	0,119*
Vermelho	-0,255*	-0,234*	-0,199*	-0,076	-0,058
I. V. Próx.	0,532*	0,556*	0,542*	-0,065	0,497*
I. V. Médio	0,015	0,059	0,095	-0,171*	0,182*
NDVI	0,569*	0,565*	0,526*	-0,02	0,363*

O único dado analisado do sensor Vegetation que apresentou correlação significativa com a precipitação pluvial foi a banda do infravermelho médio, sendo de -0,171. Para as outras bandas e NDVI, a correlação com a precipitação pluvial não foi superior de -0,1. A banda infravermelho médio também apresentou correlação significativa e positiva com a evapotranspiração acumulada.

A banda do infravermelho próximo e o NDVI apresentaram coeficientes de correlação maiores que as outras bandas. As correlações do infravermelho próximo e NDVI foram similares para as três temperaturas do ar, sendo a menor correlação de 0,526 (temperatura máxima e NDVI) e a maior de 0,569 (temperatura mínima e NDVI). Todas foram significativas a 95%. Por outro lado, as correlações não foram significativas com a precipitação pluvial acumulada. Para a evapotranspiração, o infravermelho próximo apresentou correlação de 0,497 e para o NDVI o coeficiente foi de 0,363 (ambas significativas).

4. Conclusões

Das tendências analisadas dos elementos do clima, verifica-se um incremento da precipitação pluvial acumulada. Os outros dados meteorológicos apresentaram estabilidade durante o período analisado.

Para os dados do sensor Vegetation, bandas mais sensíveis às mudanças da quantidade de água em um dossel, como o infravermelho médio e o vermelho, apresentaram tendência negativa e de acordo com o aumento da precipitação pluvial acumulada.

Nas análises de correlação, a banda do infravermelho próximo e NDVI apresentaram maior coeficiente de correlação com os dados meteorológicos. Análises de correlação com um decêndio de defasagem permitiram mostrar melhor a relação entre os dados do sensor Vegetation e dados meteorológicos, sendo um resultado similar a estudos que envolveram

dados meteorológicos e dados de vegetação por sensoriamento remoto orbital (LIBOS et al., 2009; FONTANA; ALMEIDA; JACÓBSEN, 2007). Outro fator a ser considerado em trabalhos futuros será o quanto a variação da periodicidade dos dados pode afetar o coeficiente de correlação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo fornecimento dos dados meteorológicos. O primeiro autor agradece a bolsa de mestrado concedida pelo CNPq.

Referências Bibliográficas

ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. 2010. **Características do território**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas>>. Acesso em: 27 fev. 2012.

BOLDRINI, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. *In*: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S; JACQUES, A.V.A. (ed). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 403p.

CARTER. G. A. Responses of leaf spectral reflectance to plant stress. **American Journal of Botany**, v. 90, n.3, p. 239-243, 1993.

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S.; JACÓBSEN, L. O. Caracterização da dinâmica temporal dos Campos do Rio Grande do Sul por meio de Imagens AVHRR/NOAA. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 15, n. 1, p.69-83, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. New York: Cambridge University Press, 996 p. 2007.

LIBOS, M. et al. Covariabilidade interanual entre a vegetação e o clima na bacia hidrográfica do rio Cuiabá - MT. **Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE. Natal, 2009. p. 4739-4746.

OVERBECK, G. E. Brazil's neglect biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.9, n.1, p. 101-116, 2007.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. São José Dos Campos: Parêntese, 2010. 135 p.

SCOTTÁ, F. C.; FONSECA, E. L. Análise da tendência dos elementos do clima do município de Eldorado do Sul – RS, durante 1970 - 2011. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17., 2012, Gramado. **XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Gramado: Sbmec, 2012.

SUPLICK-PLOENSE, M. R.; ALSHAMMARY, S.F.; QIAN, Y. L. Spectral Reflectance Response of Three Turfgrasses to Leaf Dehydration. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.10, n.1, p67-73, 2011.

WAGNER, A. P. L.; et al. Variabilidade Temporal do NDVI/MODIS na Análise de Remanescentes da Ecorregião das Savanas Uruguaias. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE. Curitiba, 2011. p. 5600-5606.