

Monitoramento da fenologia da vegetação campestre do bioma Pampa e sua relação com a temperatura média do ar

Carline Biasoli Trentin¹
Eliana Lima da Fonseca¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/ CEPSSRM
Caixa Postal 15044 – 91.501-970- Porto Alegre - RS, Brasil
cbtrentin@yahoo.com.br; eliana.fonseca@ufrgs.br

Abstract. The aim of this work was to monitor the changes in the phenology of natural grassland within the APA do Ibirapuitã using spectral reflectance measure with satellite images and evaluating the relationship with these data with the mean air temperature during 2000 to 2009. To monitor the changes in phenology of grassland vegetation, were used the reflectance images of the bands of blue, red, near infrared and mid infrared from product MOD13 EOS-MODIS. Samples areas were defined considering the three different types of soils that exists inside the APA, from where were collected the values about spectral reflectance and air temperature. These data were analysed in a correlation analysis using a spreadsheet software which examined the relations between the spectral reflectance of the vegetation for each spectral bands and the air temperature in the different seasons considering, also, the soil type under the vegetation. The results show that spectral reflectance of the grassland of Pampa biome has strong influence of ENSO phenomena and its influence is particular for each its phases (El Niño e La Niña). The results also show that is possible monitor the beginning of growth season of the grassland of Pampa biome using the near infrared spectral band, the only spectral band that have no influence of ENSO phenomena.

Palavras-chave: phenology, temperature, correlation, fenologia, temperatura, correlação.

1. Introdução

O conhecimento da fenologia é baseado nas observações de períodos de desenvolvimento da planta (fenofases), como por exemplo, a germinação das sementes, a emergência das gemas, o desenvolvimento das folhas, a floração, a frutificação, a descoloração das folhas e a senescência. A organização dos períodos fenológicos proporciona informações ecológicas importantes sobre a duração média das diferentes fenofases, sobre o local e as diferenças determinadas pelo clima para as espécies em uma área (Larcher 2000).

A análise das variações fenológicas em nível regional e sua interligação com os diferentes componentes do ambiente, como solo e clima, é necessária para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas em escala global. Mudanças interanuais na temperatura e precipitação podem influenciar diretamente as diferentes fases da fenologia, como o período de crescimento e a taxa de acumulação de biomassa (Anderson et al., 2005; Lee et al., 2002).

As relações existentes entre o clima e a fenologia combina questões de botânica aplicada com questões meteorológicas. Essa abordagem é baseada no início e na duração de alterações visíveis no ciclo de vida das plantas e procura correlações estatísticas entre fatores climáticos e períodos definidos do desenvolvimento de certas espécies (Larcher, 2000).

Estudos têm sido realizados com o objetivo de estabelecer a relação entre os fatores climáticos e as diferentes formações vegetais utilizando imagens de satélite, uma vez que estas possibilitam monitorar continuamente os processos dinâmicos da vegetação. Nos últimos anos, trabalhos relacionados à fenologia tiveram um aumento na sua importância devido ao contexto de mudanças climáticas.

O bioma Pampa no Brasil se restringe ao Rio Grande do Sul, ocorre em regiões de relevo plano a ondulado, possui vegetação predominantemente herbácea com a existência de mosaicos com formações florestais. O clima da região é classificado como Cfa e Cfb, apresentando temperaturas amenas e chuvas regulares durante todo o ano. Para este bioma, pesquisas recentes demonstram uma variação na produção de biomassa aérea da vegetação campestre natural em função do tipo de solo ao qual a vegetação está associada, sendo

diferenciada de acordo com as épocas do ano (Silveira et al. 2005; Boldrini, 1997; Fonseca et al. 2006; Girardi-Deiro et al. 1992, 2006). Estudos mostram a relação da variação florística em resposta aos tipos de solo e que estes variam em função da topografia (Clark et al. 1999; Velázquez-Rosas et al., 2002), uma vez que o processo de formação de solos está relacionado também com os processos hidrológicos e erosivos. Essa vinculação se deve principalmente a retenção e disponibilidade de água, profundidade e disponibilidade de nutrientes no solo.

O objetivo deste trabalho é monitorar as variações da fenologia da vegetação campestre natural do bioma Pampa utilizando imagens de média resolução espacial do sensor MODIS e avaliar suas relações com os dados de temperatura média do ar para um período de 10 anos. Nesse sentido, definiu-se como local para o estudo da vegetação campestre, a Área de Proteção Ambiental (APA) do Ibirapuitã (Figura 1). A APA do Ibirapuitã está localizada nos municípios de Alegrete (15,22%), Quaraí (12,22%), Santana do Livramento (56,81%) e Rosário do Sul (15,75%), possui uma área de 318.767 hectares, sendo a única unidade de conservação federal representante do bioma Pampa no Brasil (MMA, 2007).

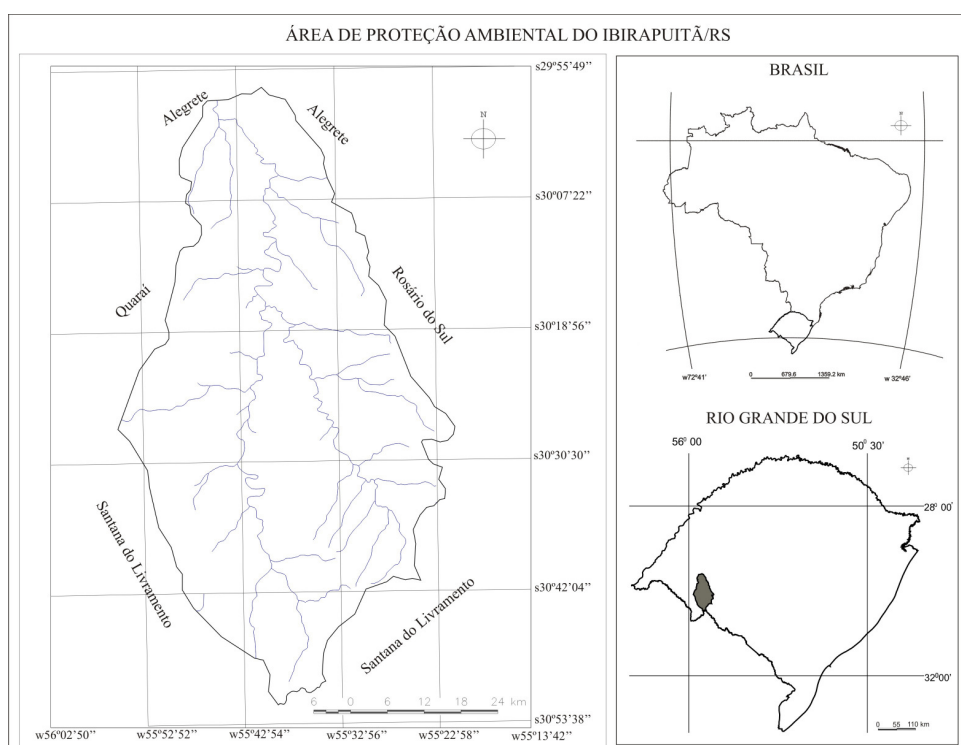


Figura 1. Localização da área de estudo

2. Metodologia de Trabalho

Para monitorar as variações da fenologia da vegetação campestre com imagens de sensoriamento remoto, foi construído um banco de dados geográfico no *software* SPRING (Camara et al, 1996). Foram utilizadas as imagens de reflectância das bandas do azul, vermelho, infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (MIR) do produto MOD13 do sensor EOS-MODIS, no período de 2000 a 2009. Estas imagens possuem 250 metros de resolução espacial e são uma composição de 16 dias existindo 23 composições anuais, permitindo a obtenção de um produto livre da influência das nuvens. O aplicativo *Modis Reprojection Tools* (MRT) foi utilizado no pré-processamento das imagens MODIS com o objetivo de reprojeter e converter para o formato geotiff. Em seguida as imagens foram importadas para o banco de dados.

Considerando que a vegetação está relacionada com as características de solo e topografia (Silveira et al. 2005; Boldrini, 1997; Fonseca et al. 2006), foi utilizado o produto

SRTM com resolução espacial de 90 metros, disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para auxiliar na definição dos pontos amostrais na APA. O produto SRTM foi importado para o *software* SPRING, onde se gerou o mapa hipsométrico, com o fatiamento da imagem, a partir do qual definiu-se três classes considerando os tipos de solos predominantes na APA do Ibirapuitã: Basalto superficial (BS), Basalto profundo (BP) e Arenito (Ar) (Silveira et al., 2005). Sendo consideradas: altitudes inferiores a 120 metros como solos de Arenito, áreas com altitudes entre 120 e 300 metros como Basalto Superficial e altitudes acima de 300 metros como sendo solos de Basalto Profundo.

Em seguida escolheu-se 23 amostras aleatórias para cada um dos tipos de solo da APA. Foram considerados apenas os pixels do interior da APA que representam a área de vegetação campestre natural, excluindo-se as matas ciliares e culturas agrícolas. Para auxiliar na escolha das amostras, foi selecionada uma imagem do sensor MODIS correspondente ao período de inverno, onde é possível distinguir o campo natural de áreas de mata e pastagens plantadas, e outra imagem referente ao período de verão, possibilitando a separação de campo natural de áreas agrícolas. Nos dois casos os pixels foram selecionados com base na interpretação visual das imagens MODIS.

Os dados diários de temperatura média do ar foram coletados para o período de estudo (2000 a 2009), provenientes de seis (6) estações meteorológicas do 8º DISME/INMET (Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia) e da FEPAGRO/RS (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária), distribuídas no entorno da APA do Ibirapuitã. Os dados diários foram agrupados a cada 16 dias com a finalidade de coincidir com as mesmas resoluções temporais das imagens do produto MOD13. Posteriormente foram importados para o banco de dados do SPRING em formato compatível (.spr). O método do Inverso do Quadrado da Distância (IQD) foi utilizado para realizar a interpolação espacial destes dados, gerando-se mapas espacializados de temperatura.

Para a extração automática dos valores de reflectância e temperatura de cada uma das amostras, utilizou-se o módulo “extração de estatísticas de imagem por polígono” disponível no *software* SPRING. Para cada um dos 10 anos foram analisadas as médias de reflectância de cada banda espectral e comparadas com os dados de temperatura média do ar coletados no mesmo período.

Posteriormente, os resultados foram exportados para um aplicativo de planilha eletrônica, onde foram realizadas as análises de correlação entre temperatura e reflectância das bandas espectrais do sensor MODIS para cada período do ano. Foi considerado para cada composição anual a temperatura do período anterior, uma vez que a resposta espectral da vegetação sofre influência da temperatura anterior a data de aquisição da imagem.

3. Resultados e Discussão

Os resultados da análise de correlação entre a reflectância dos solos nas bandas espectrais (azul, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio) e temperatura média do ar para o período de 2000 a 2009 podem ser visualizados na Tabela 1. Para essa análise foram considerados significativos os valores de correlação superiores ao nível mínimo de significância de $\pm 0,38$ (para $\alpha = 5\%$) e superior a $\pm 0,49$ (para $\alpha = 1\%$).

Para este trabalho foi esperada a existência de correlação entre a resposta espectral e a temperatura, considerando que em outros estudos desenvolvidos para o bioma Pampa se verificou a existência de correlação entre os dados de NDVI com a temperatura, uma vez que o maior desenvolvimento das espécies vegetais encontradas ocorre na estação com maior disponibilidade de radiação e com temperatura base relativamente alta, o que limita o seu desenvolvimento em estações frias (Bisso et al 2009).

Tabela 1. Resultado do teste de correlação entre a reflectância das bandas espectrais e temperatura para cada ano no período de 2000 a 2009

		Azul			Vermelho			NIR			MIR		
		AR	BS	BP	AR	BS	BP	AR	BS	BP	AR	BS	BP
2000	Outono	0,32	0,52**	-0,33	0,55**	0,56**	0,44*	0,32	0,34	-0,1	0,69**	0,75**	0,68**
	Inverno	-0,49*	-0,54**	0,64**	-0,49**	-0,57**	-0,52**	0,55**	0,74**	0,62**	-0,48**	-0,57**	-0,57**
	Primavera	-0,3	-0,36	0,62**	-0,26	-0,38*	-0,17	0,59**	0,54**	0,54**	-0,28	-0,57**	-0,24
2001	Verão	-0,37	-0,3	-0,51**	-0,32	-0,25	-0,42*	-0,18	-0,37	0,06	-0,34	-0,33	-0,43*
	Outono	-0,16	-0,5**	-0,53**	-0,17	-0,62**	-0,58**	0,54**	0,11	0,07	-0,11	-0,53**	-0,65**
	Inverno	-0,61**	-0,44*	-0,7**	-0,6**	-0,4*	-0,74**	0,2	-0,01	-0,15	-0,39*	-0,27	-0,56**
	Primavera	-0,54**	-0,43*	-0,48*	-0,53**	-0,59**	-0,47*	0,54**	0,42*	0,49**	-0,66**	-0,68**	-0,64**
2002	Verão	0,07	-0,3	-0,2	0,08	-0,3	-0,11	-0,71**	-0,71**	-0,79**	0,25	-0,15	-0,1
	Outono	-0,24	-0,46*	-0,46*	0,1	-0,3	-0,3	0,62**	0,58**	0,67**	0,45*	0,05	0,01
	Inverno	0,48*	0,09	0,39*	0,05	-0,07	-0,07	0,6**	0,41*	0,46*	-0,34	-0,22	0,1
	Primavera	-0,59**	-0,57**	-0,63**	-0,53**	-0,55**	-0,63**	0,71**	0,22	0,21	-0,52**	-0,6**	-0,72**
2003	Verão	0,56**	0,54**	0,38*	0,58**	0,55**	0,43*	0,31	0,26	0,14	0,46*	0,43*	0,15
	Outono	-0,81**	-0,76**	-0,73**	-0,81**	-0,76**	-0,75**	0,89**	0,79**	0,8**	-0,66**	-0,58**	-0,63**
	Inverno	-0,76**	-0,8**	-0,69**	-0,81**	-0,79**	-0,71**	0,07	0,1	0,06	-0,79**	-0,73**	-0,61**
	Primavera	-0,48*	-0,26	-0,24	-0,54**	-0,34	-0,47*	0,9**	0,87**	0,86**	-0,69**	-0,63**	-0,56**
2004	Verão	-0,58**	0,22	0,65**	-0,24	0,04	0,64**	-0,89**	-0,86**	-0,87**	-0,24	0,31	0,75**
	Outono	0,65**	0,65**	0,68**	0,53**	0,58**	0,67**	-0,12	-0,35	-0,28	0,63**	0,71**	0,76**
	Inverno	-0,66**	-0,8**	-0,25	-0,36	-0,71**	-0,35	0,4*	0,55**	0,08	-0,29	-0,32	-0,15
	Primavera	-0,57**	-0,78**	-0,47*	-0,5*	-0,81**	-0,58**	0,24	0,02	0,2	-0,71**	-0,92**	-0,82**
2005	Verão	0,25	0,33	0,2	0,31	0,35	0,29	-0,51**	-0,45*	-0,41*	0,28	0,33	0,19
	Outono	0,88**	0,85**	0,81**	0,87**	0,84**	0,8**	-0,76**	-0,85**	-0,8**	0,9**	0,9**	0,86**
	Inverno	0,12	0,21	0,12	-0,08	-0,01	-0,09	-0,26	-0,17	-0,33	-0,07	0,01	-0,09
	Primavera	0,07	0	0,27	0,49*	0,14	0,38*	0,88**	0,43*	0,6**	0,16	0,08	0,19
2006	Verão	-0,11	-0,12	-0,2	-0,1	-0,13	-0,27	-0,44*	-0,48*	-0,52**	0,15	0,23	-0,07
	Outono	0,85**	0,73**	0,99**	0,81**	0,75**	0,82**	-0,5**	-0,74**	-0,86**	0,95**	0,88**	0,88**
	Inverno	-0,67**	-0,47*	-0,61**	-0,66**	-0,55**	-0,85**	0,35	0,17	0,21	-0,41*	-0,24	-0,25
	Primavera	0,39*	0,57**	0,74**	0,16	0,53**	0,7**	0,91**	0,71**	0,78**	0,07	0,31	0,47*
2007	Verão	-0,29	-0,69**	-0,6**	-0,52**	-0,71**	-0,58**	-0,06	-0,06	-0,08	-0,3	-0,49**	-0,55**
	Outono	-0,67**	-0,58**	-0,06	-0,77**	-0,74**	-0,71**	-0,58**	-0,49**	-0,8**	-0,82**	-0,9**	-0,83**
	Inverno	-0,9**	-0,68**	-0,5**	-0,59**	-0,55**	-0,5**	0,7**	0,74**	0,85**	-0,42*	-0,44*	-0,46*
	Primavera	-0,77**	-0,73**	-0,76**	-0,75**	-0,71**	-0,74**	0,49**	0,47*	0,47*	-0,7**	-0,69**	-0,73**
2008	Verão	0,39*	0,53**	0,54**	0,4*	0,57**	0,56**	0,15	-0,12	-0,1	0,31	0,53**	0,48*
	Outono	-0,61**	-0,43*	-0,12	-0,68**	-0,52**	-0,52**	0,7**	0,65**	0,49**	-0,12	0,38*	0,51**
	Inverno	-0,4*	-0,62**	-0,62**	-0,2	0	-0,42*	0,65**	0,34	0,44*	0	0,13	0,05
	Primavera	-0,58**	-0,37	-0,23	-0,51**	-0,22	-0,1	0,6**	-0,07	0,07	-0,48*	-0,25	-0,1
2009	Verão	0,07	0,3	0,04	0,24	0,14	-0,06	-0,15	-0,06	-0,33	0,23	0,31	0,05
	Outono	-0,78**	-0,56**	-0,84**	-0,95**	-0,86**	-0,95**	0,91**	0,88**	0,91**	-0,76**	-0,64**	-0,82**
	Inverno	-0,7**	-0,64**	-0,58**	-0,43*	-0,31	-0,26	0,05	-0,12	0,04	-0,26	-0,15	-0,14
	Primavera	-0,73**	-0,83**	-0,74**	-0,57**	-0,64**	-0,63**	-0,61**	-0,42*	-0,07	-0,35*	-0,56**	-0,51**

* - Significativa para $\alpha = 5\%$ ** - Significativa para $\alpha = 1\%$

A vegetação campestre natural do bioma Pampa apresenta um ciclo de desenvolvimento anual. A época de crescimento das pastagens nativas se inicia na primavera, com grande produção de biomassa, atingindo seu pico máximo no período do verão. Essa biomassa começa a decair no outono, onde se inicia a época da floração diminuindo a produtividade das folhas e o valor do NDVI, e tem uma acentuada redução no inverno atingindo seu pico mínimo, onde a planta entra em fase de senescência concordando com o período de baixas

temperaturas que causam a morte da parte aérea das gramíneas de grande parcela da vegetação, ocasionando uma baixa disponibilidade de biomassa nessa época do ano. (Machado, 1999).

De maneira geral, durante a estação quente do ano o desenvolvimento da vegetação é determinado pelas precipitações, e a falta de água limita o crescimento das pastagens. Na estação fria são as baixas temperaturas, com a ocorrência de geadas que mais reduzem seu crescimento, aliadas ao excesso de umidade e a pouca luminosidade. Na primavera a pastagem nativa pode apresentar um teor de umidade superior a 70%, já no outono ou durante uma seca esse teor pode cair para 50% (Machado, 1999).

A temperatura no Rio Grande do Sul apresenta grande variação sazonal, com verão quente e seco e inverno frio e úmido. No verão, principalmente em janeiro, a temperatura média é superior a 24°C, devido a pequena inclinação dos raios solares. No inverno, principalmente de maio a agosto, a temperatura média se mantém relativamente baixa, oscilando entre 10° e 15°C, em função das sucessivas invasões de frentes polares que trazem, geralmente, abundantes chuvas sucedidas por massa polar, acompanhada de queda de temperatura com a ocorrência de geadas (Figura 2).

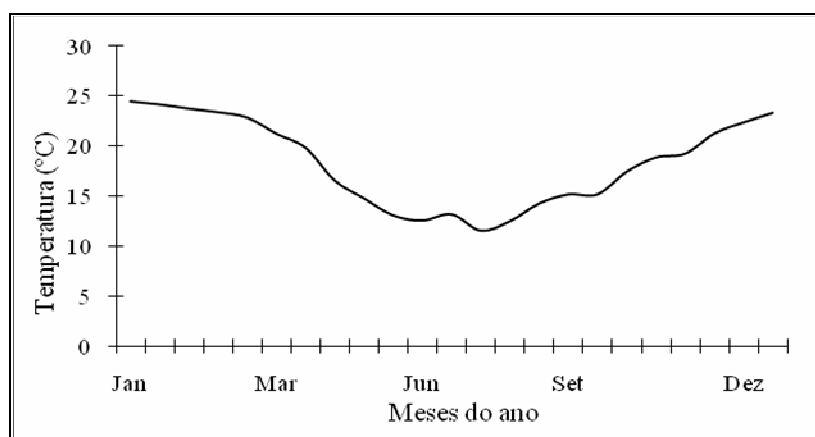


Figura 2. Variação da temperatura média mensal ao longo do ano no bioma Pampa no período de estudo

Para os 10 anos analisados foram destacados padrões de correlação significativa a 5% entre os dados de reflectância e temperatura independente do tipo de solo onde as amostras estão posicionadas. Observou-se que na região espectral do visível entre a primavera do ano de 2002 até o inverno do ano de 2003 (ciclo de desenvolvimento da planta), apresentou correlação significativa a 5%. A região do visível também apresentou correlação significativa desde o outono no ano de 2006, até o período do outono e início do inverno de 2008.

A banda do azul isoladamente, apresentou correlação com nível mínimo de significância no ano de 2009 no período entre outono e primavera. Por outro lado esta mesma banda não apresentou correlação significativa entre o inverno no ano de 2005 e verão de 2006. A banda do vermelho por sua vez, não apresentou correlação significativa a 5% no ano de 2002 entre o verão e o inverno.

Além disso, nestas mesmas bandas no período do inverno, quando há correlação ela é geralmente negativa. Os demais períodos do ano apresentaram comportamento semelhante, com exceção da primavera nos anos de 2000 e 2006, no verão nos anos 2003 e 2008 e outono nos anos de 2000, 2004, 2005 e 2006.

A região espectral do visível, nas bandas do azul e vermelho, é influenciada pela quantidade/qualidade dos pigmentos fotossintetizantes presentes na planta, que absorvem a radiação nessa faixa de comprimento de onda. Dessa forma, na estação quente onde há maior disponibilidade de biomassa nas folhas, menor será a reflectância nessa região espectral, já na

estação fria a morte da parte aérea das gramíneas de grande parcela da vegetação em função das baixas temperaturas, faz com que a reflectância da vegetação aumente nessa faixa de comprimento de onda.

Na região espectral do infravermelho próximo (NIR) se destacaram com correlação significativa os períodos correspondentes entre a primavera de 2001 e o inverno de 2002, entre a primavera de 2005 e outono de 2006, e o ano de 2007 entre outono e primavera. Nessa banda o comportamento espectral da planta é determinado pela interação da radiação com a estrutura celular. Na estação quente, há maior acumulação de biomassa pelas folhas ocasionando um aumento na reflectância. Na estação fria a resposta espectral da vegetação diminui devido a uma baixa disponibilidade de biomassa nessa época do ano, com consequente diminuição da reflectância.

A região espectral do infravermelho médio (MIR) apresentou correlação significativa a 5% nos anos de 2000, 2003 e 2007 entre o outono e a primavera. Já os períodos de 2002 entre verão e inverno (pico máximo e mínimo do desenvolvimento da vegetação), e inverno de 2005 e verão do ano de 2006 não apresentaram correlação significativa ao nível mínimo de significância.

A reflectância da vegetação no infravermelho médio é explicada pelo conteúdo de água nos tecidos vegetais, uma vez que a água absorve consideravelmente a radiação incidente nessa região espectral. Dessa forma, o aumento da temperatura com consequente aumento da evapotranspiração e diminuição de água nos tecidos, pode ser um fator que justifique a ausência de correlação significativa em alguns períodos nessa banda espectral.

A ocorrência do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) positivo ou negativo pode influenciar na relação entre a resposta espectral e a temperatura. Os anos de 2000, 2001 e 2008 foram influenciados pelo fenômeno La Niña, que ocasiona a passagem rápida das frentes frias na região Sul do Brasil com tendência de diminuição da precipitação pluvial especialmente na primavera e início do verão e de temperatura abaixo da média, especialmente na primavera. Essa diminuição da temperatura e precipitação pode limitar o crescimento e desenvolvimento da vegetação, em função de que a precipitação pluvial em geral é insuficiente para atender as necessidades hídricas das plantas, sendo considerado os efeitos da La Niña desfavoráveis ao crescimento/desenvolvimento da vegetação (Berlato e Fontana, 2003).

Os demais anos analisados estiveram sob influência do fenômeno El Niño, que na região Sul do Brasil ocasiona precipitações pluviais abundantes, principalmente na primavera e início do verão e precipitações acima do normal no final do outono e início do inverno do ano seguinte. Em anos de El Niño há uma forte tendência de as temperaturas médias mínimas no outono e início do inverno se mostrarem superiores as dos anos neutros. Esse aumento da precipitação resulta num maior vigor da vegetação, principalmente na estação fria, onde as baixas temperaturas com a ocorrência de geadas reduzem o seu crescimento. Dessa forma os efeitos do El Niño são considerados favoráveis ao crescimento/desenvolvimento da planta (Berlato e Fontana, 2003).

Quando considerado o tipo de solo, observou-se que a banda espectral do azul apresenta correlação significativa a 5% no período do verão, geralmente em solos de basalto. Os solos de basalto (mais profundos) são geralmente bem drenados e estruturados, retêm maior quantidade de umidade favorecendo o desenvolvimento da vegetação, as plantas não sentem tanto o excesso de chuvas nem o déficit de água. Enquanto que os solos mais rasos ou de textura arenosa, por apresentarem baixa coesão e fertilidade química natural e baixa capacidade de retenção de água, tanto podem encharcar facilmente, provocando anorexia às plantas, como podem secar rapidamente, provocando estresse hídrico e por atingirem rapidamente situações de deficiência hídrica, limitam o desenvolvimento da vegetação (Streck

et al, 2008). Observou-se ainda que nos anos de 2000 e 2001, o solo de basalto profundo foi o que mais apresentou correlação significativa.

Analisando a correlação significativa a 5% para dados médios de cada estação no período de 10 anos (Tabela 2), de maneira geral não se encontrou um padrão de correlação significativa a 5%. Apenas a banda do infravermelho próximo mostrou essa relação na estação da primavera, época de rebrote intenso das pastagens nativas onde as plantas realizam mais fotossíntese, aumentando o número de folhas verdes. As demais médias anuais mostram que não existe um padrão de crescimento/desenvolvimento da planta associado com a temperatura. Para tanto a utilização de dados médios não está sendo eficiente para esta análise em função das particularidades de cada ano, sendo esta uma região instável climaticamente e sofrendo interferências do fenômeno ENOS (El Niño e La Niña).

Tabela 2. Resultado do teste de correlação entre a reflectância das bandas espectrais e temperatura para cada estação do ano no período de 2000 a 2009

	Azul			Vermelho			NIR			MIR		
	AR	BS	BP	AR	BS	BP	AR	BS	BP	AR	BS	BP
Verão	0,08	0,46**	0,13	0,09	0,15	0,20	-0,10	-0,10	-0,17	0,04	0,15	0,17
Outono	0,25*	0,24	0,08	0,21	0,20	0,19	-0,01	-0,07	-0,15	0,24	0,26*	0,24
Inverno	-0,07	0,18	0,08	-0,23	0,01	-0,09	0,03	0,23	0,23	-0,15	0,00	-0,03
Primavera	-0,26*	-0,18	0,02	-0,20	-0,18	-0,12	0,59**	0,33*	0,37*	-0,25*	-0,23	-0,18

* - Significativa para $\alpha = 5\%$

** - Significativa para $\alpha = 1\%$

4. Conclusões

- Verificou-se que a variação anual da resposta espectral da vegetação está associada com a ocorrência do fenômeno ENOS nas suas duas fases (El Niño e La Niña), não sendo possível avaliar os dados médios em função das particularidades de cada ano;

- Os resultados apresentados neste trabalho mostram que as imagens de satélite, utilizando o NIR, são adequadas para monitorar o início da estação de máximo crescimento da vegetação campestre natural da APA do Ibirapuitã que se inicia na primavera, e que esse período está relacionado com a temperatura.

Referências Bibliográficas

Anderson, L. O.; et al. Monitoramento da resposta fenológica através da utilização de imagens fração derivadas do sensor MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2811-2818. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.13.48>>. Acesso em: 10 nov. 2009.

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.

Bisso, A. B. A.; et al.. Análise da variação da resposta espectral da vegetação do bioma pampa, frente às variações da fenologia. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (CBA), 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** CD-ROM.

Boldrini, I.I. **Boletim do Instituto de Biociências**: campos do Rio Grande do Sul, caracterização fisionômica e problemática ocupacional. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 39 p.

Camara G.; et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Clark, D. B.; Palmer, M. V.; Clark, D.A. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forest trees. **Ecology**, v. 80, n. 8, p. 2662-2675, 1999.

Fonseca, E. L.; Silveira, V. C. P.; Salomoni, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa incidente em biomassa aérea da vegetação campestre natural no bioma Campos Sulinos do Brasil. **Ciência Rural**, v.36, n. 2, p.656-659, 2006.

Girardi-Deiro, A. M. et al. Composição Florística de Primavera e Qualidade da Pastagem em Campos Naturais na APA do Ibirapuitã. **Revista Científica Rural**, v.11. n.1 p.116-125, 2006.

Girardi-Deiro, A.M.; Gonçalves, J.O.N; Gonzaga, S.S. Campos naturais ocorrentes nos diferentes tipos de solo no Município de Bagé, RS. 2: Fisionomia e composição florística. **Iheringia**, série botânica, v.42, n.1, p.55-79, 1992.

Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima artes e textos, 2000. 531p.

Lee, R.; Yu, F.; Price, K.P. Evaluating vegetation phenological patterns in Inner Mongolia using NDVI time-series analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 12, p. 2505-2512, 2002.

Machado, L. A. Z. **Manejo da pastagem nativa**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 158 p.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização** - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA, 2007. (Série Biodiversidade, 31)

Silveira, V.C.P. et al. Qualidade da pastagem nativa obtida por diferentes métodos de amostragem e em diferentes solos na Apa do Ibirapuitã, Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.582-588, 2005.

Streck, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

Velázquez-Rosas, N.; Meave, J.; Vázquez-Santana, S. Elevation variation of leaf traits in montane rain forest tree species at La Chinantla, Southern Mexico. **Biotropica**, v. 34, n. 4, p. 534-546, 2002.